U.PORTO
FACULDADE DE CIÊNCIAS
UNIVERSIDADE DO PORTO

ciimar
Centro Interdisciplinar
de Investigação
Marinha e Ambiental

Citizen science as an opportunity to address the current challenges of Natura 2000

Sofia Cristina da Silva Oliveira

PhD thesis submitted to Faculty of Sciences - University of Porto, Science Education Unit

2021

Supervisor
Ruth Maria de Oliveira Pereira, Assistant professor
Dept. Biology – FCUP and GreenUPorto – Sustainable Agrifood Production Research Centre

Co-supervisor
Paulo José Talhadas dos Santos, Assistant professor
Dept. Biology – FCUP and CIIMAR – Interdisciplinary Centre of Marine and Environmental Research

Co-supervisor
Joana Luísa Lourenço Estevinho Pereira, Assistant Researcher
Dept. Biology – University of Aveiro and CESAM – Centre for Environmental and Marine Studies

Citizen science as an opportunity to address the current challenges of Natura 2000

Sofia Cristina da Silva Oliveira

Doctor's Degree in Teaching and Dissemination of Science

Science Education Unit

2021

Supervisor

Ruth Maria de Oliveira Pereira, Assistant professor

Dept. Biology – FCUP and GreenUPorto – Sustainable Agrifood Production Research Centre

Co-supervisor

Paulo José Talhadas dos Santos, Assistant professor

Dept. Biology – FCUP and CIIMAR – Interdisciplinary Centre of Marine and Environmental Research

Co-supervisor

Joana Luísa Lourenço Estevinho Pereira, Assistant Researcher

Dept. Biology – University of Aveiro and CESAM – Centre for Environmental and Marine Studies

ACKNOWLEDGMENTS

My journey towards earning my PhD started even before I enrolled in this doctoral program. It started as soon as I began preparing my application to an FCT scholarship. It was a long, exciting, and very hard-working endeavor. But I never walked alone. I would like to start by thanking my supervisors (Ruth Pereira, Paulo Santos, and Joana Pereira) for believing in me from the beginning and for providing me with all the support and encouragement I needed to cross the finish line. I also feel grateful to have amazing lab colleagues that offered me valuable help and advice throughout this journey – particularly in the very last miles! –, thus, a special 'thank you' is due to everyone at LabRisk. I am equally grateful to Duarte Martins and Darmit Kumar for stepping in and helping me as much as they could, despite all the challenges posed by COVID-19. Similarly, I want to express my appreciation for Pedro Faria, who helped me with an infinite number of tasks throughout this journey. I must separately acknowledge Bárbara Barros as well, for always trying her very best at doing whatever I requested and for always being there whenever I needed her. I definitely could not have done the social platforms work without her.

I truly appreciate everyone that participated in the project called "Natura +": citizen science relies completely on the public and without them most of the current work would not have been possible. Likewise, I would like to acknowledge several entities that somehow helped me in the organization and/or data collection process, namely: Associação Coração Azul (Vizela, Portugal); Agrupamento de Escolas Dr. Ramiro Salgado; Escola Básica 1,2,3/PE do Porto da Cruz; Escola Básica e Secundária de Fontes Pereira de Melo; Escola EB 2,3 Dr. Guilherme Correia de Carvalho; Escola EB 2,3 Prof. Mendes Ferrão; Escola EBI da Boa Água; NEBUP – Núcleo de Estudantes de Biologia da Universidade do Porto; and Universidade Júnior.

Pursuing a PhD is such a challenging task that sometimes it feels overwhelming and unachievable. For that reason, some appreciation words are in order to my friends and family for all the support, which was essential so I could cross the finish line successfully. To Cátia Gonçalves, Joana Santos, and Vanessa Neves: I am grateful for having had you as my PhD support hot line during this journey. To my mum and siblings: thank you for understanding how demanding this journey was sometimes and for providing me with the kind of support I needed. To my grandma: I am unbelievably thankful for you – someone who always believed in my childhood dream and supported it, despite knowing how many hardships it could bring. I would also like to mention Starbuck in this

acknowledgement section: having a puppy goes a long way when it comes to providing a much-needed work escape. Rajarshi Saha: “thank you” does not do any justice to how much I appreciate your support throughout this journey.

This PhD thesis was funded by FCT – Portuguese Foundation for Science and Technology under the grant SFRH/BD/129529/2017.

RESUMO

Embora a Rede Natura 2000 seja a principal estratégia da União Europeia para combater a perda de diversidade biológica, esta rede internacional de sítios classificados enfrenta desafios que estão a comprometer o seu sucesso. O conhecimento limitado do público sobre a rede, a baixa envolvência dos stakeholders e as dificuldades de monitorização são alguns destes desafios. A ciência cidadã é uma forma de comunicação de ciência que tem o potencial para aumentar a consciencialização, conhecimento e envolvimento do público em geral, assim como fornecer dados de monitorização de elevada qualidade. Desta forma, o objetivo principal do presente trabalho foi avaliar se a ciência cidadã seria capaz de ajudar a ultrapassar os desafios supramencionados da Rede Natura 2000. Paralelamente, o presente trabalho também pretendeu: (1) caracterizar a literacia da população residente em Portugal sobre a Rede Natura 2000 e (2) quantificar o papel das redes sociais em projetos de ciência cidadã. O primeiro passo foi compilar informação histórica sobre dois locais de estudo (Rio Lima, PTCON0020 and Serra de Montemuro, PTCON0025) de forma a selecionar quais as variáveis relevantes a monitorizar nestes sítios. Posteriormente, cinco atividades de ciência cidadã foram desenvolvidas, que tinham como objetivo monitorizar diferentes variáveis/grupos taxonómicos: Chiroptera, peixes de água doce, qualidade do solo, resíduos presentes em rios, e lontra-europeia (*Lutra lutra*). Estas atividades foram disseminadas *online* (ex. e-mails, *website* próprio) e em eventos presenciais. A atividade sobre o solo foi a mais bem-sucedida: 290 pessoas participaram na atividade, tendo coletivamente analisado 61 amostras de solo. A atividade sobre a lontra-europeia envolveu 16 cidadãos na monitorização de transeptos. Contudo, nenhuma das outras atividades recebeu qualquer submissão de resultados. Consequentemente, os esforços de investigação seguintes focaram-se na atividade do solo. Para avaliar a exatidão dos dados de pH do solo e da qualidade ecológica do solo obtidos seguindo o protocolo de ciência cidadã, estes dados foram comparados com os valores obtidos através da execução de protocolos padrão em laboratório. Os valores de pH obtidos através dos dois métodos (protocolo de ciência cidadã e protocolo padrão) revelaram-se significativamente similares em circunstâncias específicas. Em contraste, não foi encontrada uma correlação significativa entre os valores para a qualidade ecológica do solo obtidos usando os dois métodos. Contudo, este resultado deve ser interpretado com alguma precaução devido às limitações do método de validação escolhido (nomeadamente, os ensaios de evitamento). Sobre a literacia, após participaram nesta atividade de ciência cidadã, a maioria dos voluntários evidenciou um

aumento de consciencialização e conhecimento sobre a Rede Natura 2000 e sobre as espécies ameaçadas em Portugal. Além disso, muitos voluntários gostaram bastante desta atividade. Assim sendo, o presente estudo demonstrou que a ciência cidadã se encontra bem posicionada para aumentar o envolvimento e literacia sobre a Rede natura 2000, o que pode contribuir positivamente para o sucesso da sua missão de conservação da Natureza.

Para avaliar a literacia da população residente em Portugal, foi desenvolvido um questionário, que foi disseminado online e em eventos presenciais. Os resultados mostraram que o conhecimento sobre a Rede Natura 2000 era muito limitado, mesmo para pessoas que já tinham ouvido falar desta rede. Por exemplo, quando foi pedido para nomearem locais em Portugal que pertencessem à Rede Natura 2000, os respondentes indicaram cerca de 2,8 ± 2,2 sítios, o que é um valor fracamente baixo tendo em conta que à data existiam 167 sítios em Portugal integrados nesta rede. Este trabalhou sublinhou a importância de investir em mais atividades de comunicação de ciência voltados para a Rede Natura 2000, o que pode ser alcançado através da ciência cidadã.

Por último, para caracterizar o uso das redes sociais por projetos de ciência cidadã focados na biodiversidade ou ambiente, foi compilada uma base de dados global destes projetos e recolhida informação detalhada sobre cada um deles, incluindo dados específicos sobre a sua presença em redes sociais. Posteriormente, 18 projetos foram selecionados para uma análise mais extensiva, que passou pela análise de conteúdo das publicações partilhadas no Facebook. Esta investigação demonstrou que uma elevada proporção dos projetos tinha presença nas redes sociais, tanto em Portugal como a nível mundial. Os projetos utilizavam o Facebook sobretudo para aumentar a consciencialização e disseminar conhecimento, contudo esta plataforma também foi frequentemente usada para recrutar e reter participantes. Os projetos revelaram-se heterogéneos no que respeita à adoção de boas práticas de gestão de redes sociais (ex. frequência de publicação), o que levou a compilação de uma lista com 10 recomendações para ajudar os cientistas e comunicadores de ciência a tirarem o máximo proveito das redes sociais.

Palavras-chave: Natura 2000; biodiversidade; ciência cidadã; redes sociais

ABSTRACT

Although Natura 2000 is a key strategy of the European Union to tackle the issue of biodiversity loss, this international network of protected area is facing some challenges that are undermining its performance concerning nature conservation. Restricted public literacy, low stakeholder engagement, and monitoring constraints represent some of these challenges. Citizen science is a science communication approach that has the potential to increase public awareness, knowledge, and engagement as well as to provide high-quality monitoring data. Hence, the main aim of this research was to assess whether citizen science could address the aforementioned challenges of Natura 2000. In parallel, this project also intended to characterize Natura 2000 literacy among the population living in Portugal and to quantify the role social media played in citizen science projects. The first step was to compile historical data on two pilot sites (Rio Lima, PTCON0020 and Serra de Montemuro, PTCON0025), in order to screen relevant variables to monitor in those protected areas. Then, five citizen science activities were produced, which addressed different targets/taxa: Chiroptera roosts, freshwater fish populations, soil quality, river litter, and European otter (*Lutra lutra*). These activities were disseminated online (e.g., emails, dedicated website) and in presential events. The activity focusing on soil was the most successful one: 290 people participated in this citizen science activity, collectively analyzing 61 soil samples. The activity targeting the European otter engaged 16 citizens on the monitoring of three transects. None of the other activities received result submissions from the public. That is why that henceforward this work was focused on the activity about soil quality. In order to evaluate the accuracy of the soil pH and the ecological soil quality obtained by following the citizen science protocol, these measurements were compared with the values derived from standard protocols carried out in a laboratory setting. The pH values obtained through the two methods (the citizen science approach and standard protocols) were found to be statistically similar under certain circumstances. In contrast, there was no significant correlation between the ecological soil quality data derived from both methods. Nonetheless, this result should be interpreted carefully given the constraints associated with the chosen umbrella endpoint (namely, earthworm avoidance). Regarding literacy, after taking part in this citizen science activity, most volunteers seemed to experience an increase in awareness and knowledge about Natura 2000 and Portuguese threatened species. Besides, most participants found this activity to be very engaging. So, the present study demonstrated that citizen science might be a critical tool to boost

engagement and literacy about Natura 2000, which can potentially enhance its conservation mission.

To assess the literacy of the population living in Portugal, a questionnaire was developed and disseminated online and in presential events. The results showed that knowledge about Natura 2000 was very restricted, even for the people who were aware of this network. For instance, when asked to name Portuguese Natura 2000 sites, respondents only indicated around 2.8 ± 2.2 sites, which is considerably low taking into account that there were 167 sites at the country. This work highlights the need for more science communication efforts focused on Natura 2000, which can be accomplished by implementing citizen science activities within the network.

Finally, to characterize the use of social media by citizen science projects targeting biodiversity or the environment, a global database of these projects was compiled. Then, detailed information was collected about each one, including details on their social media presence. Later, 18 projects were selected for further analysis, which consisted in content analysis of Facebook publications. This research demonstrated that a high proportion of projects use social media, both in Portugal and worldwide. Projects mostly used Facebook to raise awareness and disseminate knowledge, but this online platform was also frequently use to recruit and retain volunteers. Projects differed greatly regarding the adoption of good social media practices (e.g., publishing frequencies), which led to the compilation of a list of 10 recommendations to help citizen science projects take the most advantage of these platforms.

Keywords: Natura 2000; biodiversity; citizen science; social media

INDEX

ACKNOWLEDGMENTS i
RESUMO iii
Palavras-chave: iv
ABSTRACT v
Keywords: vi
INDEX vii
FIGURES LIST x
TABLES LIST xii
I. INTRODUCTION I.1
I-1. Biodiversity: an invaluable and endangered asset I.1
I-2. Natura 2000 network: a comprehensive overview I.3
I-3. Citizen science: a useful tool to boost Natura 2000 performance? I.12
I-4. References I.16
II. DRIVEN QUESTION, MAIN GOALS, AND THESIS STRUCTURE II.1
II-1. Supplementary material II – Authorization proof II.3
III. NATURA +: A NATIONWIDE CITIZEN SCIENCE PROJECT III.1
III-1. The rationale and the pathway III.1
III-2. The Citizen Science project III.7
III-3. References III.9
III-4. Supplementary material III III.11
IV. AWARENESS AND KNOWLEDGE OF PORTUGAL RESIDENTS ABOUT NATURA 2000 ..... IV.1
IV-1. Abstract IV.1
IV-2. Introduction IV.2
IV-3. Materials and methods IV.3
IV-4. Results and discussion IV.4
IV-5. Conclusions IV.13

IV-6. Acknowledgments IV.14
IV-7. References IV.14
IV-8. Supplementary material IV IV.19
V. ASSESSING SOIL QUALITY IN SCHOOLYARDS: A HANDS-ON ACTIVITY FOR MIDDLE SCHOOL STUDENTS V.1
V-1. Abstract V.1
V-2. Introduction V.2
V-3. Methods V.4
V-4. Final Considerations V.8
V-5. Acknowledgments V.10
V-6. References V.10
V-7. Supplementary material V – Activity “Is the quality of this soil any good?” V.14
VI. ASSESSING SOIL QUALITY IN PORTUGAL THROUGH CITIZEN SCIENCE TO SUPPORT NATURA 2000: LEARNING OUTCOMES AND PRELIMINARY DATA ACCURACY VI.1
VI-1. Abstract VI.1
VI-2. Introduction VI.2
VI-3. Material and Methods VI.4
VI-4. Results and Discussion VI.9
VI-5. Conclusion VI.17
VI-6. Acknowledgments VI.18
VI-7. References VI.18
VI-8. Supplementary material nr. VI.1 – Statistical data VI.24
VI-9. Supplementary material nr. VI.2 – Training *vs* No training VI.25
VII. CARACTERIZAÇÃO DO PAPEL DOS SOCIAL MEDIA EM PROJETOS DE CIÊNCIA CIDADÃ LIGADOS À BIODIVERSIDADE VII.1
VII-1. Abstract VII.1
VII-2. Introdução VII.2
VII-3. Metodologia VII.4

VII-4. Resultados e discussão VII.6
VII-5. Conclusão VII.15
VII-6. Referências bibliográficas VII.17
VII-7. Anexo VII.1 ..... VII.20
VII-8. Anexo VII.2 ..... VII.24
VIII. SOCIAL MEDIA USE BY CITIZEN SCIENCE PROJECTS: CHARACTERIZATION AND RECOMMENDATIONS VIII.1
VIII-1. Abstract VIII.1
VIII-2. Introduction VIII.2
VIII-3. Methods VIII.3
VIII-4. Results and Discussion VIII.5
VIII-5. Conclusions VIII.16
VIII-6. References VIII.19
VIII-7. Supplementary material nr. VIII.1 ..... VIII.22
VIII-8. Supplementary material nr. VIII.2 – Statistical data VIII.27
IX. CONCLUSIONS IX.1

FIGURES LIST

Figure I.1 – Estimated costs of each component of Natura 2000……. I-9

Figure I.2 – How citizen science could address Natura 2000 challenges……. I-13

Figure II.1 – Proof of the permission (MDPI)…….. II-3

Figure II.2 – Proof of permission (ABT)…….. II-4

Figure II.2 – Proof of permission (Captar)…….. II-4

Figure III.1 – Example of the content available on the website…….. III-8

Figure IV.1 – Age and gender distribution of respondents…….. IV-5

Figure IV.2 – Taxa correctly indicated to be present at Natura 2000 sites…….. IV-9

Figure IV.3 – Number of self-reported visits to Natura 2000, per year…… IV-10

Figure IV.4 – Threatened taxa in Portugal that were mentioned by respondents….. IV-12

Figure V.1 – Places where this activity was already implemented…..... V-5

Figure V.2 – Middle school students implementing the activity…….. V-7

Figure VI.1 – Experimental design of the research conducted in the present work… VI-6

Figure VI.2 – Ecological soil quality results obtained by applying both the citizen science protocol and the standardized earthworm avoidance tests…….. VI-12

Figure VII.1 – Duração dos projetos portugueses de ciência cidadã……..……. VII-7

Figure VII.2 – Âmbito geográfico dos projetos portugueses de ciência cidadã…….. VII-7

Figure VII.3 – Ecossistemas estudados pelos projetos de ciência cidadã……..….. VII-8

Figure VII.4 – Plataformas sociais usadas pelos projetos de ciência cidadã…… VII-10

Figure VII.5 – Projetos portugueses de ciência cidadã: âmbito geográfico *vs* plataformas sociais…….. VII-10

Figure VII.6 – Percentagem de publicações por tipo de conteúdo publicado…….... VII-12

Figure VII.7 – Percentagem de publicações por tipo de conteúdo publicado em cada plataforma social……. VII-13

Figure VII.8 – Interação média em função do teor do conteúdo da publicação…… VII-14

Figure VII.9 – Interação média em função do tipo de conteúdo da publicação…… VII-15

Figure VIII.1 – Number of citizen science projects by continent……..…….... VIII-6

Figure VIII.2 – Usage of social platforms by citizen science projects..……... VIII-7

Figure VIII.3 – Facebook posts: own content *vs* third-party content……... VIII-9

Figure VIII.4 – Facebook posts: reply *vs* no reply……..…….. VIII-10

Figure VIII.5 – Taxonomic focus of each citizen science project on Facebook….. VIII-13

Figure VIII.6 – Percentage of posts of each citizen science use…… VIII-15

TABLES LIST

Table I.1 – Biodiversity conventions and international legal frameworks…… I-2

Table I.2 – Summary of the organization of Natura 2000……..… I-4

Table I.3 – Monitoring obligations related to Natura 2000……...….. I-6

Table II.1 – Author's contribution to the research articles……. II-2

Table III.1 – Summary of the monitoring studies targeting animal taxa in Serra de Montemuro…….. III-1

Table III.2 – Summary of the monitoring studies targeting animal taxa in Rio Lima... III-3

Table III.3 – Environmental monitoring/research carried out in Rio Lima and Serra de Montemuro…….. III-5

Table III.4 – Summary of the five citizen science activities developed…….. III-6

Table III.5 – Summary of the presential events held to disseminate the project……. III-8

Table IV.1 – Portuguese Natura 2000 sites named by respondents..……. IV-6

Table IV.2 – Main threats to each Natura 2000 site, as selected by respondents….. IV-8

Table IV.3 – Ecological behaviours' engagement frequency……..……..... IV-12

Table V.1 – Soil parameters and overall soil quality……..... V-3

Table V.2 – SWOT analysis of the activity "Is the Quality of This Soil Any Good?"…. V-9

Table VI.1 – Parameters that citizen scientists are supposed to assess…….. VI-4

Table VI.2 – Parameters assessed by citizen scientists and their results…….. VI-10

Table VI.3 – Soil pH measurements: ISO protocol vs pH stripes……. VI-13

Table VI.4 – Monetary value of the work carried out by citizen scientists……... VI-14

Table VI.5 – Learning outcomes and changes in the future ecological behaviour intentions between pre- and post-tests……. VI-16

Table VII.1 – Plataformas sociais mais populares em Portugal……... VII-3

Table VII.2 – Objetos de estudo dos projetos portugueses de ciência cidadã…..…. VII-8

Table VII.3 – Instituição promotora dos projetos portugueses de ciência cidadã..… VII-9

Table VII.4 – Publicações com utilidade para a ciência cidadã……... VII-12

Table VII.5 – Frequência de publicação em cada plataforma social…….. VII-13

Table VIII.1 – Categorical variables used in the content analysis …….. VIII-4

Table VIII.2 – Selected citizen science projects…….. VIII-7

Table VIII.3 – Engagement of Facebook posts assigned to different typologies…. VIII-11

Table VIII.4 – Engagement of Facebook posts per content categories…… VIII-12

Table VIII.5 – Number of Facebook posts focusing on different taxonomic groups and their respective obtained engagement…….. VIII-15

I. INTRODUCTION

I-1. Biodiversity: an invaluable and endangered asset

Nowadays, it is undeniable that biodiversity benefits human societies in several ways (MEA, 2005; TEEB, 2010; CBD, 2010, 2014; SEP, 2015). Since the publication of the reports produced by the scientists involved in the Millennium Ecosystem Assessment (MEA, 2005), these benefits are widely known as ecosystem services (SEP, 2015). For instance, provision of food, water purification, and climate regulation are only a few examples of the services performed by ecosystems. Ecosystem services can be broadly assigned to four different categories (MEA, 2005; CBD, 2010, 2014; SEP, 2015):

- Provisioning, which covers material goods retrieved from ecosystems, such as food, water, and fuel.
- Regulating, which represent services resulting from the maintenance of ecosystems processes, including water purification, moderation of extreme events, and pollination.
- Cultural, which consists of opportunities for nature-based experiences and inspiration.
- Supporting, which entails the ones essential to sustain all remaining ecosystems services. It comprises soil formation, nutrient cycling, primary production, among others.

Research on the direct relationship between biodiversity and the supply of these benefits has retrieved dual results: as diversity rises, some ecosystem services exhibit an increase of performance and others a decrease (Cardinale et al., 2012; Harrison et al., 2014; SEP, 2015). However, several studies have shown that higher biodiversity is linked to a higher stability and resilience of ecosystems (Biggs et al., 2012; Cardinale et al., 2012; SEP, 2015). For example, Ehlers et al. (2008) demonstrated that experimental plots of *Zostera marina* with higher genetic diversity were more resilient to increased water temperatures than the ones with lower genetic diversity. Similarly, Wernberg et al. (2018) concluded that kelp forests with lower genetic diversity were notoriously more affected by climate stressors. In terrestrial forests, Jucker et al. (2014) showed that, generally, higher species diversity ensures a more stable aboveground wood production. Hence, biological diversity is increasingly regarded as vital to sustain ecosystem services throughout environmental changes in the long-term (Biggs et al., 2012; Cardinale et al., 2012; SEP, 2015).

Despite its intrinsic value and its importance for human well-being, biodiversity is being lost at alarming rates (MEA, 2005; Barnosky et al., 2011; CBD, 2014; Johnson et al., 2017; Sánchez-Bayo & Wyckhuys, 2019). To illustrate the magnitude of this issue, MEA (2005) estimated that, by 1990, six different biomes had already lost more than 50% of their area. Almost 25 years later, the secretariat of the Convention on Biological Diversity – CBD (2014) reported that global progress towards habitat protection has been clearly insufficient to balance the existing loss and degradation paces. The main factors responsible for alterations in biological diversity are habitat modification, climate change, invasive alien species, overexploitation, and pollution, which are all associated with anthropogenic activity (MEA, 2005; CBD, 2010, 2014). Given the current scenario, it is urgent to take action and address these pressures in an effective and sustainable manner. For that purpose, many international conventions and legal instruments have been implemented over the past recent decades. The most preeminent ones in the world and in Europe are listed in table I.1.

Table I.1 – Main worldwide conventions and international legal frameworks that have been implemented in order to address the pressing issue of biodiversity loss. For each one, its main mission and the date it entered into force are indicated.

Acronym	Convention/Legal framework	Main goals	Start date	Ref
IPPC	International Plant Protection Convention	Protect flora and plant-based products by preventing the introduction and spread of pests.	1952	(IPPC, n.d.)
CITES	Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora	Prevent international trade of wildlife and plants from leading to their extinction.	1975	(CITES, n.d.)
-	Convention on Wetlands	Safeguard wetlands and their ecosystem services by ensuring their sustainable use.	1975	Ramsar Convention Secretariat (n.d.)
WHC	World Heritage Convention	Identify and preserve the cultural and natural heritage of the world.	1975	World Heritage Center (n.d.)
-	Birds Directive	Conserve wild avifauna and their habitats across European Union (EU).	1979	(EC, 2019a)

-	Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats	Ensure protection of the natural heritage of Europe and some parts of Africa.	1982	(CE, n.d.)
CMS	Convention on the Conservation of Migratory Species of Wild Animals	Safeguard migratory species and their habitats.	1983	(CMS, n.d.)
-	Habitats Directive	Secure EU's endemic, rare and threatened habitats and species (except birds).	1992	(EC, 2019b)
CBD	Convention on Biological Diversity	Ensure the conservation and sustainable use of biological diversity, as well as the fair share of the benefits that result from its use.	1993	(CBD, n.d.)
-	The International Treaty on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture	Promote sustainable, equitable and fair use of plant genetic resources among all stakeholders.	2001	(FAO, n.d.)
-	EU Regulation 1143/2014 on Invasive Alien Species	Manage invasive alien species across EU in an effective and sustainable manner.	2015	(EC, 2019c)

I-2. Natura 2000 network: a comprehensive overview

In 1979, the Birds Directive was adopted with the intention of ensuring the conservation of all bird species naturally occurring within the European Union (EU) territory. This legal instrument represented a huge breakthrough in nature conservation as it was one of the first protecting species and its critical habitats across their entire EU range, regardless of national boundaries (EP & CEU, 2010; Sundseth, 2015). In 1992, the Habitats Directive was published, extending this protection to more than 1000 non-bird species and also to about 200 natural habitats (CEC, 1992; Sundseth, 2015). Besides, the Habitats Directive provided for the establishment of "a coherent European ecological network of special areas of conservation" – Natura 2000 (CEC, 1992). Natura 2000 is the EU pillar strategy to address biodiversity loss. This network aims to ensure long-term protection of the most valuable and threatened species and habitats. Since its creation, Natura 2000 has increased remarkably in size. In 1993, this network covered an area of 50,000 km^2. By 2012, it already extended over 1,000,000 km^2 (EEA, 2015). Today,

Natura 2000 is composed by over 27,000 protected areas classified under one or both aforementioned directives, making it the largest coordinated network of protected areas worldwide (EEA, 2015; Sundseth, 2015; ECA, 2017). Despite already comprising more than 3,000 marine sites, the marine axis of Natura 2000 remains fairly incomplete (EEA, 2015); whereas the terrestrial component of the network is considered to be almost finished (EEA, 2015; Sundseth, 2015).

Mission and implementation

Natura 2000 does not merely aim at halting the current rate of biological diversity loss. Instead, as previously stated, it intends to ensure long-term conservation of wild species and natural habitats protected by the supporting directives. This requires taking action to maintain or restore those species and habitats targeting a favorable conservation status. Although no deadlines are established to accomplish this goal, there are some strict obligations regarding the network implementation (EC, 2013; Sundseth, 2015). Natura 2000 plans to fulfill its conservation goals through an inclusive and sustainable management approach. Hence, cooperation with all stakeholders is highly desirable, and this implies that socio-economic activities compatible with site preservation should be encouraged (Sundseth, 2015). The main duties of each entity regarding Natura 2000 implementation are summarized in table I.2 (CEC, 1992; EC, 2012, 2013; Sundseth, 2015; EC, 2016a; EC, 2017a, 2017b; ECA, 2017).

Table I.2 – Summary of the organization of Natura 2000: fundamental responsibilities and entities involved in each one.

Fundamental responsabilities	**Entities involved**		
	European Commission (EC)	**Member States** (MS)	**Others**
Site selection and designation	x	x	x
Site management	-	x	-
Project proposal evaluation	x[1]	x	-
Site monitoring	x[2]	x	-
Funding of the network	x	x	x
Implementation oversight	x	-	-

*[1] EC will participate solely in the evaluation of proposals for the implementation of major projects co-financed by EU;
*[2] EC is responsible for assessing global conservation status and trends, local monitoring of sites is carried out by MS only.

Site management

Although MS are in-charge of the management of their Natura 2000 sites, there are obligations they must fulfill, which are imposed by the EU (EC, 2012, 2013; ECA, 2017). Legal-binding requirements and management recommendations by EC will be discussed throughout this subchapter. Establishing site-specific conservation objectives is not explicitly required by both directives. Nonetheless, they constitute an important baseline

for implementing conservation measures and for the decision-making process in the scope of project proposals evaluation. Thus, conservation objectives are regarded as a prerequisite for an efficient management. Therefore, they should be defined for each Natura 2000 site (EC, 2012). Regarding conservation actions at protected areas created under the Habitats Directive, MS must adopt preventive measures to avoid significant disturbances and further damages to the natural habitats and species mentioned in the annexes of the supporting directive. In addition, MS are also required to take the necessary actions to maintain or restore the favorable conservation status of natural habitats and species of interest for the European community. This implies MS must implement conservation efforts at these sites, preferably considering site-specific conservation objectives and the ecological requirements of targeted species and habitats. The adoption of administrative measures alone, if they are editable in nature and poorly advertised, are not considered to fulfill these management obligations (CEC, 1992; EC, 2012, 2013). The conservation duties for sites established through the Birds Directive are similar to those above: MS must prevent major disturbances to species listed in Annex I of Birds Directive and regularly occurring migratory avifauna. Plus, measures must be enforced to cease further degradation of their natural habitats. Besides these preventive efforts, MS must also carry out conservation actions aiming these habitats in order to safeguard the reproduction and survival of the abovementioned bird species within their European native range (EP & CEU, 2010; EC, 2012, 2013).

Regardless, MS are not bound to comply to any specific conservation measures. However, the EC provides some general management guidelines (EC, 2013):

- Characterize each site in terms of land use, pressures, threats, stakeholders' interests, and conservation status of species as well as habitats.
- Prepare a map that integrates the location of all the above variables, as this is very useful to support management planning.
- During the definition of management strategies, consider the interests of stakeholders and engage them in the process (e.g., participatory forums).
- Develop detailed, achievable, and quantifiable conservation measures.
- Perform a cost-benefit analysis of the proposed management actions.
- Ensure an efficient implementation of the planned conservation efforts.

In addition, the EC offers management models for 25 habitats. Each one contains a detailed characterization of the habitat and its associated species plus several proposals for specific conservation actions (EC, 2016b). Despite not being a mandatory

requirement, the Habitats Directive explicitly encourages MS to elaborate comprehensive management plans. These guiding documents are useful for enhancing site management in several ways. First, they help setting conservation objectives and measures. Second, they represent a good strategy to involve stakeholders and to ensure a transparent management process. Third, they facilitate the identification of funding sources and provide for an optimized coordination with overlapping plans (CEC, 1992; EC, 2013).

As previously stated, Natura 2000 encourages the integration of human activities and development within its protected areas. However, projects on protected areas located within the network (e.g., construction of dams) which are not foreseen in the scope of the management strategy must be submitted to an assessment regarding their impact on the site (CEC, 1992; EP & CEU, 2010; ECA, 2017). Usually, these project proposals contain mitigation measures aiming at reducing its harmful effects (ECA, 2017). Regardless, if deemed that the project will compromise the conservation mission of the protected area, the proposal must be rejected. Nevertheless, a project with a negative evaluation may still be approved if it is considered to be of "overriding public interest" and if there is no feasible alternative. In these particular situations, MS are required to take compensatory measures to balance the impact of the project, which then need to be communicated to the EC (CEC, 1992; EP & CEU, 2010; ECA, 2017).

Monitoring the network

Monitoring Natura 2000 sites is a responsibility of MS, who can delegate this task to regional authorities (ECA, 2017). Regardless of the actual local enforcer, MS are required to periodically survey the conservation status of natural habitats and species protected by Natura 2000 supporting directives. They must as well monitor the influence of the applied conservation measures in the status of those habitats and species. Both aforementioned assessments must be included in the reports demanded by EC every six years (CEC, 1992; EC, 2013; EC, 2017a, 2017b). For the period 2013-2018, the monitoring reports MS submitted to EC under Habitats and Birds Directives had to comprise the specific parameters listed in table I.3. Note that for some of the parameters itemized, MS needed to provide details on the methodology employed, the assessment period, and data reliability as well as to determine trends. Under the Habitats Directive, for each species and habitat, the listed parameters had to be assessed at the biogeographic level; except distribution maps and annex V species, which needed to be presented at a national scale. Under the Birds Directive, for some species, it was necessary to provide the parameters presented in table I.3 for more than one season

(breeding/winter/passage). In the case of some species (e.g., newly arrived species), only a partial report is required (EC, 2019d, 2019e). Although it is not mandatory, MS are encouraged to monitor the effectiveness of the management efforts employed at each site (EC, 2013).

Table I.3 – Monitoring obligations regarding species and habitats protected by Natura 2000: specific parameters that MS are required to monitor and report to EC regarding the period 2013-2018. The table content corresponds to the strictest monitoring obligations. However, for some species (e.g., newly arrived species), only a small part of this information is mandatory. Table based on EC (2019d, 2019e).

Monitoring reports	Specific parameters required
A - Species status report (for birds included in the checklist available at the Reporting Reference Portal[1] and species listed in Habitats Directive - Annexes II, IV & V)	**- Maps:** distribution map[2], sensitive species status[3] (Yes/No) **- Range:** surface area, absence/presence of change[*], reason for the change[*], favorable reference range[4*] **- Population:** size, absence/presence of change, reason for the change, favorable reference population[5*] **- Species habitat:** quality and area of used habitat, quality and area of non-occupied zones (Sufficient/Insufficient/Unknown) **- Main pressures:** occurring threats, location[**] (inside/outside EU), rough relative importance assessment (Low/Medium/High) **- Main threats:** occurring threats, location[**] (inside/outside EU), rough relative importance assessment (Low/Medium/High) **- Conservation measures:** status of measures (Not needed/Needed but unidentified/ Needed and identified/Needed, identified and taken), main purpose, location, response to the measures, list of main measures - **Future prospects[*]:** range, population, species habitat (Good/Poor/Bad/Unknown) - **Conservation status assessment[*]:** range, population, species habitat, future prospects, overall assessment (Favorable/Inadequate/Bad/Unknown) - **Evolution of the conservation status[*]:** absence/presence of change, reason for the change **- Natura 2000 coverage:** population size within the network **- Habitats Directive – Annex V & Birds Directive – Annex II species:** exploitation status (Absence/Presence), management measures taken[6], quantity taken from the wild[7]
B - Habitats status report (for the habitats covered by Habitats Directive - Annex I)	**- Maps:** distribution map **- Range:** surface area, absence/presence of change, reason for the change **- Area of the habitat:** surface area, absence/presence of change, reason for the change **- Structure and functions:** area per condition of habitat (Good/Not good/Unknown), updated list of typical species **- Main pressures and threats:** occurring pressures, rough relative importance assessment (Low/Medium/High) **- Main threats:** occurring threats, rough relative importance assessment (Low/Medium/High) **- Conservation measures:** status of measures (Not needed/Needed but unidentified/ Needed and identified/Needed, identified and taken), main purpose, location, response to the measures, list of main measures - **Future prospects:** range, area, structure and functions (Good/Poor/Bad/Unknown) - **Conservation status assessment:** range, area, structure and functions, future prospects, overall assessment (Favorable/Inadequate/Bad/Unknown) - **Evolution of the conservation status:** absence/presence of change, reason for the change - **Natura 2000 coverage:** surface area of the habitat type inside Natura 2000

* Only required for reporting under Habitats Directive. ** Only required for reporting under Birds Directive. 1 – http://cdr.eionet.europa.eu/help/birds_art12. 2 – In the scope of Birds Directive, distribution maps are only required for the breeding season. 3 – Sensible species: species targeted for illicit collection and other illegal activities whose conservation may be hampered by making their distribution maps widely available to the public. 4 – Favorable reference range:

minimum range required to incorporate all significant variations of the habitat and to warrant its long-term viability in a given biogeographical zone. 5 – Favorable reference population: minimum population needed to safeguard the long-term survival of the species in a certain biogeographical region. 6 – This parameter is only required in the case of exploited species listed in Annex V of Habitats Directive. 7 – This data is only mandatory for mammals, birds, and Acipenseridae fish species that are hunted or exploited in some other way.

After receiving these reports, the EC determines the corresponding EU-level conservation status, which will then be used to estimate the overall progress achieved (CEC, 1992; EC, 2017a; ECA, 2017). Usually, these global results are published within two years in the form of a "The State of Nature in UE" report (EC, 2017a).

Implementation status, maintenance expenses, and benefits

In 2017, European Court of Auditors (ECA) published a report assessing the progress achieved towards Natura 2000 implementation. ECA (2017) focused on network managing, monitoring, funding, and implementation oversight. For that purpose, documents and tools produced by EC were examined and all MS were inquired. Plus, five countries (France, Germany, Poland, Romania, and Spain) were targeted for a more thorough audit, which involved visits to Natura 2000 sites and meetings with authorities in-charge as well as relevant stakeholders (ECA, 2017). Regarding site management, ECA (2017) reveals that MS were underperforming. For instance, in the five visited countries:

- Engagement of stakeholders was deemed insufficient.
- Implementation of conservation measures were delayed in the majority of visited sites.
- Defined conservation objectives and measures often lacked detail, except in Poland.
- Management plans did not exist in half of the sites visited; many existing ones were outdated.
- Project proposals evaluation was poorly executed in most cases. For example, in some assessments, the negative impacts of the projects on biodiversity were not well documented and/or were not carried out by appropriate human resources.
- MS did not follow-up approved projects implementation to ensure the adoption of mitigation measures.

Similarly, the adopted monitoring system was deemed insufficient by ECA (2017), which named four main problems:

- No specific performance indicators exist to assess the impact of EU funds in promoting biodiversity within Natura 2000.

- The monitoring efforts planned were usually not detailed enough. For instance, specific details were missing on monitoring frequency or on how the impact of conservation measures would be assessed.
- MS submitted incomplete monitoring reports to EC.
- Lack of control over the quality of the data gathered by each MS.

In relation to the oversight performed by EC, ECA (2017) states it was solid, but that there was room to improve regarding the dissemination of Natura 2000 guidance documents. Finally, according to ECA (2017), there were some flaws in Natura 2000 funding, such as the absence of reliable and comparable data on implementation costs and the fact that EU funding opportunities were not well adjusted to the conservation objectives of the network sites.

In 2008, EC sent a questionnaire to all MS to estimate the costs of maintaining the entire network. By 2010, 25 out of 27 questionnaires were fulfilled: Finland and Romania failed to report their network expenses (Gantioler et al., 2010). Based on the gathered economic data, Gantioler et al. (2010) estimated that, overall, the maintenance of Natura 2000 requires a total of 5 658 million euros per year. The collected information also provided an insight on the relative contribution of each component to the costs reported (figure I.1). Recurrent activities accounted for most of the expenses, representing 69.6% of the annual costs. Ongoing habitat management and monitoring were the tasks with more funds allocated (Gantioler et al., 2010). Similar conclusions were drawn by ECA (2017), which revealed that habitat management and monitoring alone represented 74% of the network costs. It is important to highlight that, despite the large percentage of funds attributed to this component, MS still deliver incomplete monitoring reports to EC and that the implementation of conservation measures is often delayed.

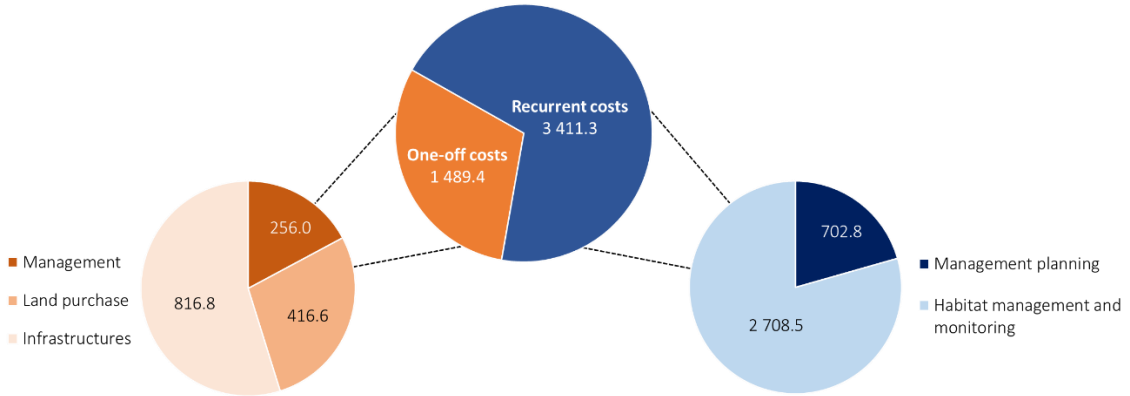


Figure I.1 – Estimated costs (million euro/year) of each component of Natura 2000: one-off management actions (e.g., land purchase, infrastructures, management) and recurrent management planning and habitat management/monitoring. Data from Gantioler et al. (2010).

But is it Natura 2000 contributing to the conservation of biodiversity in Europe despite its shortcomings? In 2020, a report was published concerning the performance of Natura 2000 during the period 2013-2018 (EEA, 2020). Regarding habitats, this report states that the ones with the greatest network coverage displayed the highest percentage of conservation status improvement. Nonetheless, the differences related to improvement percentages were rather small among habitats assigned to distinct classes (namely, high, medium, and low network coverages). For non-bird species, the scenario is somewhat different: although species with the most coverage showed the least percentage of deteriorating conservation status, this coverage class was not the one fostering the highest degree of improvement. In the case of birds, the species triggering the designation of network sites presented both the highest improvement and the least deteriorating percentage of conservation status when compared to other bird species (for which the sites were not purposely created for). Overall, EEA (2020) remarked that species and habitats were more likely to display a favorable conservation status if they were adequately covered by Natura 2000. However, the tendency of MS to focus their monitoring efforts inside the network hampers the ability of the EC do draw conclusions about Natura 2000 effectiveness regarding biodiversity conservation, as data from relevant local comparison sites are missing (EEA, 2020). Recent published research showed that Natura 2000 comprises several important well-connected areas for biological diversity conservation (Araújo et al., 2007; Gruber et al., 2012; Mazaris et al., 2013; Trochet & Schmeller, 2013; Lisón et al., 2015; Fois et al., 2017). Still, for some taxa (e.g., saproxylic beetles, lichens, and fishes), network coverage is still not enough (Araújo et al., 2007; D'Amen et al., 2013; Rubio-Salcedo et al., 2013; Trochet & Schmeller, 2013). Also, network coverage is uneven across different regions (Trochet & Schmeller, 2013; Fois et al., 2017).

On the topic of ecosystem services and other socio-economic benefits arising from Natura 2000, there is not much data available. The studies that do exist focus on employment opportunities supported by the network as well as provision of cultural ecosystem services (e.g., tourism and leisure activities). Still, even these ones are performed at very restricted temporal and spatial scales, which hinders the extrapolation towards an overall perspective (Gantioler et al., 2010). For instance, it was estimated that a site located in Azores (Portugal) provided opportunities for ecotourism worth 76 500 €. The monetary value of the water supply ensured by that same site was estimated to be over 600 000 €/year (Cruz & Benedicto, 2009). In Scotland, it was estimated that Natura 2000 sites generate, every year, a total of 243.7 million euro in

benefits. This implies that benefits are about seven times greater than the costs when considering a 25-year period. However, it should be noted these numbers were extrapolated from the results obtained for seven representative Natura 2000 sites only. Besides, this study did not take into account all benefits. For example, regulating and cultural ecosystem services (except for recreational ones) were not taken into account (Jacobs et al., 2004).

Public awareness of Natura 2000

In 2018, EC surveyed more than 27 000 citizens of all MS with the aim of characterizing their knowledge and attitudes towards biodiversity (EC, 2019f). According to EC (2019f), "biodiversity" was a familiar term to 71% of the respondents; but only 41% claimed to know its meaning. These numbers contrast with the ones portraying the awareness about Natura 2000: just 30% had previously heard of it and only 11% knew what it is. It is relevant to highlight that these percentages vary widely depending on the MS in question. For instance, Bulgaria had the lowest percentage of respondents that never heard of the network (22%), whereas the United Kingdom displayed the highest (95%) (EC, 2019f). This suggests Natura 2000 is still unknown to the majority of EU citizens. Plus, other studies carried out in Poland showed that even the people aware of Natura 2000 seemed to be poorly informed about it (Pietrzyk-Kaszyńska et al., 2012; Gotkiewicz & Sternik, 2014; Głąbiński, 2015). These findings are very worrisome since public awareness plays a critical role in the achievement of biological conservation goals (Beachy et al., 2011; CBD, 2014; Kati et al., 2014; APHA, 2015; McKinley et al., 2017) – this aspect will be further discussed in the following subsection. On a more positive note, after being provided with a brief explanation about the network, most respondents realized its relevance: more than 80% said that protected areas such as Natura 2000 were important to (EC, 2019f):

- Preserve species and habitats.
- Secure clean air, food, and water.
- Encourage sustainable land-use.
- Improve the life quality of locals.
- Promote socio-economic activities.

I-3. Citizen science: a useful tool to boost Natura 2000 performance?

Today, the term "citizen science" (CS) holds a wide range of definitions (Roy et al., 2012; Science Communication Unit, 2013; Schäfer & Kieslinger, 2016; McKinley et al., 2017). For the purpose of the present work, CS will be defined as the active participation of a non-expert audience in scientific projects that generate valuable data for researchers (McKinley et al., 2017). CS is not a new approach to engage the community with science. Citizens have been actively contributing to scientific research for centuries (Miller-Rushing et al., 2012; Science Communication Unit, 2013). However, in the last decade, its popularity experienced an astonishing growth. According to Bautista-Puig et al. (2019), the number of published papers concerning CS was boosted by 78% during the period 2006-2017. Nowadays, CS projects are very diverse not only in relation to the study subject (Simpson et al., 2014; Chandler et al., 2017), but also in terms of the level of engagement of the community. While some projects only rely on citizens to function as sensors, others allow them to participate in the entire process, from the proposing of research questions to the analysis of results (Bonney et al., 2009; Miller-Rushing et al., 2012; Science Communication Unit, 2013; Simpson et al., 2014; Chandler et al., 2017; McKinley et al., 2017). But why do citizens voluntarily engage in such projects? Some of the motivations most often reported by citizen scientists are: (1) a pre-existing interest in science and/or in the goals of the CS project, (2) the wish to contribute to scientific research, (3) the desire to learn more about the topic of the project, and (4) the opportunity to enjoy time outdoors (e.g., Hobbs & White, 2012; Roy et al., 2012; Raddick et al., 2013; Domroese & Johnson, 2017).

Nowadays, CS is employed to accomplish a vast number of ecology-related tasks. So far, citizens have been challenged to find rare species, track migrations, detect shifts in the abundance of certain organisms, assess water quality, among others (Chandler et al., 2017; McKinley et al., 2017). Due to the high diversity and heterogeneity of CS projects, the benefits associated with their implementation will naturally be very variable. Nonetheless, the literature shows that CS has the potential to generate several scientific, educational, social, and political benefits (figure I.2) (Bonney et al., 2009; Levrel et al., 2010; Science Communication Unit, 2013; Wyles et al., 2016; Chandler et al., 2017; McKinley et al., 2017; Nelms et al., 2017). For instance, CS allows the cost-effective collection of large datasets that cover vast geographical and temporal ranges (Levrel et al., 2010; Gardiner et al., 2012; McKinley et al., 2017; Nelms et al., 2017). Yet, some scientists still question the quality of data collected by non-experts and are reluctant to

use them for research purposes (Riesch & Potter, 2014; Golumbic et al., 2017). But there are several ways to ensure high-quality data, such as the validation of observations (e.g., revision of submitted photos by scientists) and the training of volunteers (Gardiner et al., 2012; Roy et al., 2012; Riesch & Potter, 2014; Freitag et al., 2016; McKinley et al., 2017). The data collected by citizen scientists is sometimes used for management purposes and in the decision-making process (Bonney et al., 2009; Science Communication Unit, 2013; Chandler et al., 2017; McKinley et al., 2017), broadening the impact of CS in the society. Besides, CS can increase participants' scientific literacy as well as their interest in science (Bonney et al., 2009; Roy et al., 2012; Wyles et al., 2016; McKinley et al., 2017). Positive modifications in environmental attitudes and behavior intentions have also been experienced by participants enrolled in CS projects (Bonney et al., 2009; Wyles et al., 2016; McKinley et al., 2017). This is of utmost importance since addressing the current drivers of biodiversity loss requires changes in citizens' behavior (CBD, 2014; UNEP, 2016). Furthermore, interested and informed people can pressure the government to take action, get involved in policy discussions, and facilitate local conservation initiatives (Bonney et al., 2009; Beachy et al., 2011; CBD, 2014; APHA, 2015; McKinley et al., 2017). This is why the engagement of the community in wildlife conservation has been established as a crucial factor to success (CBD, 2010, 2014; Kati et al., 2014; UNEP, 2016; McKinley et al., 2017). Given this rationale, it seems that CS could be a very useful tool to address some of the challenges that Natura 2000 currently faces; figure I.2 provides a visual summary of the interplay between these two subjects.

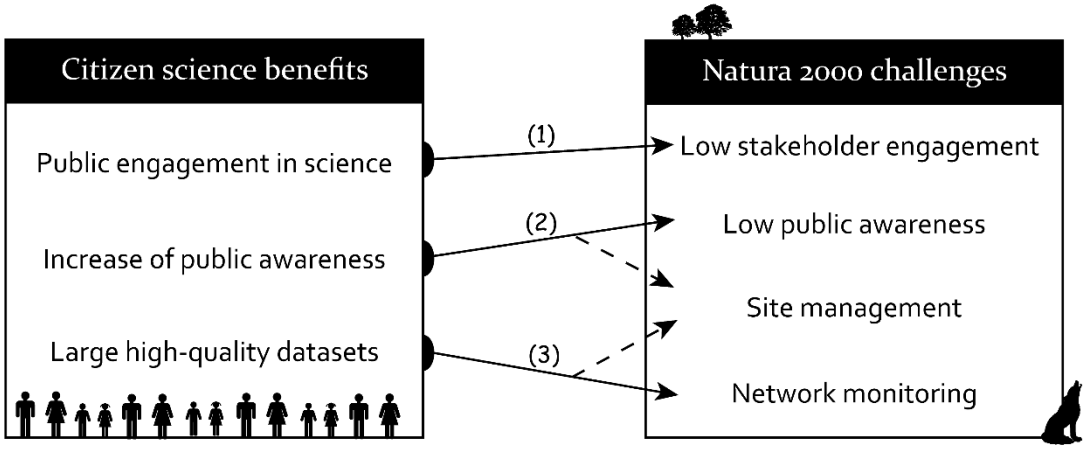


Figure I.2 – Summary on how citizen science could fill the current challenges Natura 2000 faces. (1) CS is a good option to address the lack of stakeholder engagement in Natura 2000 monitoring and management. (2) By having the potential to increase public awareness and understanding, CS can support the increase of literacy about the network as well as to foster the will needed to facilitate site management actions (e.g., allowing access to private-owned lands to employ conservation efforts). (3) CS allows the collection of high-quality data, which could be very useful to fulfill Natura 2000 monitoring demands. Besides, these data can be used to inform the decision-making process along with guiding site management options.

Inviting different stakeholders to participate in the monitoring of biodiversity inside and nearby Natura 2000 sites could increase their literacy and engagement with the network (Bonney et al., 2009; Roy et al., 2012; Wyles et al., 2016; McKinley et al., 2017), which has been identified as a challenge that Natura 2000 must address (Kati et al., 2014; ECA, 2017; EC, 2019f). This could raise much-needed public support for the network (Bonney et al., 2009; Beachy et al., 2011; CBD, 2014; APHA, 2015; McKinley et al., 2017) and consequently, mitigate conflicts that are reported to arise from time to time (Kati et al., 2014). Plus, as previously stated, CS allows the collection of huge amounts of high-quality data (Gardiner et al., 2012; Chandler et al., 2017; McKinley et al., 2017; Nelms et al., 2017) that can be used to fulfill some of the monitoring demands concerning the network, such as species abundance and distribution. Due to its often-cost-effective nature (Levrel et al., 2010; Gardiner et al., 2012; McKinley et al., 2017), CS could decrease the expenses associated with monitoring tasks, which represent a very large portion of Natura 2000 costs (figure I.1; Gantioler et al., 2010). Ultimately, this approach could help MS to deliver more complete reports to the EC, whom, in turn, would be able to perform a better overall assessment of the global contribution of the network to biodiversity conservation. Furthermore, these data could be used to inform the decision-making process and to enhance site management.

Past and current CS projects applied to Natura 2000

In order to gain a better perspective on the extent to which CS has been applied within Natura 2000, a literature review was performed as follows. On Scopus, several combinations of the following keywords were used: Natura 2000, Habitats Directive, Birds Directive, citizen science, volunteers, and public. On Google, the expression “Citizen science Natura 2000” was used. Plus, a conservation-focused CS database compiled by Chandler et al. (2017), which contains 420 projects, was also consulted. From this database, the projects which contained the keywords “directive” or “Natura 2000” within the column “Goal statement” were retrieved. In order to be considered, projects had to fulfill at least one of the following criteria: (1) be applied partially or exclusively within Natura 2000, (2) contribute or had the intention of contributing to the network management and/or monitoring demands, or (3) intended to raise awareness about Natura 2000. Papers and grey literature with no details or links to information about the CS project were excluded. Overall, only 21 CS programs were found. So, there are only a few published examples of the implementation of CS projects within Natura 2000, despite its potential to address the network shortcomings.

For instance, Embling et al. (2015) reported the effectiveness of a CS program aimed at monitoring dolphins at a Natura 2000 site in Moray Firth (Scotland). According to the authors, shore-based watches performed by non-experts were well-suited to assess temporal trends in the populations of dolphins. Although Embling et al. (2015) argued that this approach can inform the decision-makers regarding activities taking place in the marine environment, it appears that the collected data were not applied for site management. Gil et al. (2016) described how CS was used to monitor the populations of an endemic bird species at a Natura 2000 site and its surroundings in Azores (Portugal). This project allowed to obtain critical data on the abundance, distribution, and temporal trends of the Azores Bullfinch (*Pyrrhula murina*) (Gil et al., 2016). In turn, this information was used to support the decision of the International Union for Conservation of Nature to downgrade the global conservation status of *Pyrrhula murina* (Ceia et al., 2011). Kallimanis et al. (2017) detailed a CS experience where the public were challenged to assess the conservation status of habitats in two Natura 2000 sites, according to the Habitats Directive specific requirements. Overall, the authors found out that the records of volunteers were mostly accurate and are a valuable source of information for this purpose if used with caution. However, it was realized that non-experts registered less information and took more time than scientists to perform the same tasks. In addition, citizens chose edge sampling locations, while experts sampled sites more representative of the whole habitat (Kallimanis et al., 2017). These shortcomings of the public participation may have been related to the high complexity of the protocol (Pescott et al., 2015; Kallimanis et al., 2017). Campanaro et al. (2017), Carpaneto et al. (2017), and Zapponi et al. (2017) provided useful insights on different aspects of the same Italian CS campaign. This campaign started with the development of standardized CS protocols to monitor the populations of five saproxylic beetle species (Carpaneto et al., 2017). The protocols were tested in five pilot Natura 2000 sites in Italy but afterwards the project was extended nationwide (Campanaro et al., 2017; Carpaneto et al., 2017; Zapponi et al., 2017). The data collected by volunteers allowed to analyze the abundance, distribution (including altitudinal variations), and phenology of the targeted species (Campanaro et al., 2017; Carpaneto et al., 2017; Zapponi et al., 2017). Plus, Carpaneto et al. (2017) suggested that these protocols can adequately deliver all the information needed to meet the Habitats Directive reporting obligations regarding these species. Katušić et al. (2017) present a citizen science project identical to the previous one, but that took place in Croatia. Likewise, it intended to tackle the monitoring requirements related to saproxylic beetles as demanded by the Habitats Directive. The scientific

benefits produced were similar, mainly consisting of abundance, distribution, and range data (Katušić et al., 2017).

All the case studies gathered, including the ones detailed above, focused mostly or exclusively on the advantages related to site monitoring, which is one of the biggest challenges faced by Natura 2000 (ECA, 2017). However, none addressed the poor engagement and low awareness about the network, which are also among the key aspects where the network is underperforming (Kati et al., 2014; ECA, 2017; EC, 2019f), neither did they evaluate any benefits generated for the volunteers involved in the CS projects.

I-4. References

APHA – Animal & Plant Health Agency (2015). UK Ruddy Duck Eradication Programme. Project Newsletter. Retrieved September 14, 2020, from http://www.nonnativespecies.org/index.cfm?pageid=244

Araújo, M.B., Lobo, J.M. & Moreno, J.C. (2007). The effectiveness of Iberian protected areas in conserving terrestrial biodiversity. Conservation Biology, 21(6): 1423-1432. doi:10.1111/j.1523-1739.2007.00827.x

Barnosky, A.D., Matzke, N., Tomiya, S., Wogan, G.O.U., Swartz, B., Quental, T.B., Marshall, C., McGuire, J.L., Lindsey, E.L., Maguire, K.C., Mersey, B. & Ferrer, E.A. (2011). Has the Earth's sixth mass extinction already arrived? Nature, 471. 51-57. doi:10.1038/nature09678

Bautista-Puig, N., De Filippo, D., Mauleón, E. & Sanz-Casado, E. (2019). Scientific landscape of citizen science publications: dynamics, content and presence in social media. Publications, 7(1): 12. doi:10.3390/publications7010012

Beachy, J.R., Neville, R. & Arnott, C. (2011). Successful control of an incipient invasive amphibian: Eleutherodactylus coqui on O'ahu, Hawai'I (pp. 140–147). In Veitch, C.R., Clout, M.N. & Towns, D.R. (Eds.), Island invasives: eradication and management (Proceedings of the International Conference on Island Invasives). International Union for Conservation of Nature (IUCN) and Centre for Biodiversity and Biosecurity (CBB): Gland, Switzerland and Auckland, New Zealand.

Biggs, R., Schlüter, M., Biggs, D., Bohensky, E.L., Burnsilver, S., Cundill, G., Dakos, V., Daw, T.M., Evans, L.S., Kotschy, K., Leitch, A.M., Meek, C., Quinlan, A., Raudsepp-Hearne, C., Robards, M.D., Schoon, M.L., Schultz, L. & West, P.C. (2012). Toward principles for enhancing the resilience of ecosystem services.

Annual Review of Environment and Resources, 37: 421-448. doi:10.1146/annurev-environ-051211-123836

Bonney, R., Ballard, H., Jordan, R., McCallie, E., Phillips, T., Shirk, J. & Wilderman, C.C. (2009). Public participation in scientific research: defining the field and assessing its potential for informal science education. A CAISE inquiry group report. Washington, D.C.: Center for Advancement of Informal Science Education (CAISE). Retrieved December 3, 2019, from http://www.birds.cornell.edu/citscitoolkit/publications/

Campanaro, A., Hardersen, S., Redolfi De Zan, L., Antonini, G., Bardiani, M., Maura, M., Maurizi, E., Mosconi, F., Zauli, A., Bologna, M.A., Roversi, P.F., Sabbatini Peverieri, G. & Mason, F. (2017). Analyses of occurrence data of protected insect species collected by citizens in Italy. In Carpaneto, G.M., Audisio, P., Bologna, M.A., Roversi, P.F. & Mason, F. (Eds.), Guidelines for the monitoring of the saproxylic beetles protected in Europe. Nature Conservation, 20: 265-297. doi:10.3897/natureconservation.20.12704

Cardinale, B.J., Duffy, J.E., Gonzalez, A., Hooper, D.U., Perrings, C., Venail, P., Narwani, A., Mace, G.M., Tilman, D., Wardle, D.A., Kinzig, A.P., Daily, G.C., Loreau, M., Grace, J.B., Larigauderie, A., Srivastava, D.S. & Naeem, S. (2012). Biodiversity loss and its impact on humanity. Nature, 486: 59–67. doi:10.1038/nature11148

Carpaneto, G.M., Campanaro, A., Hardersen, S., Audisio, P., Bologna, M.A., Roversi, P.F., Sabbatini Peverieri, G. & Mason, F. (2017). The LIFE project “Monitoring of insects with public participation” (MIPP): aims, methods and conclusions. In Carpaneto, G.M., Audisio, P., Bologna, M.A., Roversi, P.F. & Mason, F. (Eds.), Guidelines for the monitoring of the saproxylic beetles protected in Europe. Nature Conservation, 20: 1-35. doi:10.3897/natureconservation.35.12761

CBD – Convention on Biological Diversity (2010). Global biodiversity outlook 3. Montréal, Canada: Secretariat of the Convention on Biological Diversity. ISBN-92-9225-220-8

CBD – Convention on Biological Diversity (2014). Global biodiversity outlook 4. Montréal, Canada: Secretariat of the Convention on Biological Diversity. ISBN 92-9225-539-8

CBD – Convention on Biological Diversity (no date). About the convention. Introduction. Retrieved November 4, 2019, from https://www.cbd.int/intro/default.shtml

CE – Council of Europe (no date). Details of Treaty No.104 – Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats. Retrieved November 4, 2019, from https://www.coe.int/en/web/conventions/full-list/-/conventions/treaty/104

CEC – Council of the European Communities (1992). Directive 92/43/EEC. Conservation of natural habitats and of wild fauna and flora. Official Journal of the European Communities, L206: 7-50.

Ceia, R.S., Ramos, J.A., Heleno, R.H., Hilton, G.M. & Marques, T.A. (2011). Status assessment of the critically endangered Azores Bullfinch. Bird Conservation International, 21: 477-489. doi:10.1017/S0959270911000025

Chandler, M., See, L., Copas, K., Bonde, A.M.Z., López, B.C., Danielsen, F., Legind, J.K., Masinde, S., Miller-Rushing, A.J., Newman, G., Rosemartin, A. & Turak, E. (2017). Contribution of citizen science towards international biodiversity monitoring. Biological Conservation, 213: 280-294. doi:10.1016/j.biocon.2016.09.004

CITES – Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (no date). What is CITES? Retrieved November 4, 2019, from https://www.cites.org/eng/disc/what.php

CMS – Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (no date). CMS Anniversary Timeline. Retrieved November 4, 2019, from https://www.cms.int/en/about/cms-40

Cruz, A. & Benedicto, J. (2009). Assessing socio-economic benefits of Natura 2000 – a case study on the ecosystem service provided by SPA “Pico da Vara / Ribeira do Guilherme”. Output of the project Financing Natura 2000: Cost estimate and benefits of Natura 2000 (Contract No.: 070307/2007/484403/MAR/B2). Retrieved April 10, 2018, from http://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/financing/index_en.htm

D’Amen, M., Bombi, P., Campanaro, A., Zapponi, L., Bologna, M.A. & Mason, F. (2013). Protected areas and insect conservation: questioning the effectiveness of Natura 2000 network for saproxylic beetles in Italy. Animal Conservation, 16(4): 370-378. doi:10.1111/acv.12016

Domroese, M.C. & Johnson, E.A. (2017). Why watch bees? Motivations of citizen science volunteers in the Great Pollinator Project. Biological Conservation, 208: 40-47. doi:10.1016/j.biocon.2016.08.020.

EC – European Commission (2012). Commission note on setting conservation objectives of Natura 2000 sites. Doc. Hab.12-04/06. Retrieved March 21, 2018, from http://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/management/guidance_en.htm

EC – European Commission (2013). Commission note on establishment conservation measures for Natura 2000 sites. Doc. Hab.13-04/05. Retrieved March 21, 2018, from http://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/management/guidance_en.htm

EC – European Commission (2016a). Natura 2000 sites designation. Retrieved March 30, 2018, from http://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/sites/index_en.htm

EC – European Commission (2016b). Management of Natura 2000 habitats. Retrieved March 22, 2018, from http://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/management/habitats/models_en.htm

EC – European Commission (2017a). Habitats Directive reporting. Retrieved March 23, 2018, from http://ec.europa.eu/environment/nature/knowledge/rep_habitats/index_en.htm

EC – European Commission (2017b). Birds Directive reporting. Retrieved March 23, 2018, from http://ec.europa.eu/environment/nature/knowledge/rep_birds/index_en.htm

EC – European Commission (2019a). The Birds Directive. Retrieved November 4, 2019, from https://ec.europa.eu/environment/nature/legislation/birdsdirective/index_en.htm

EC – European Commission (2019b). The Habitats Directive. Retrieved November 4, 2019, from https://ec.europa.eu/environment/nature/legislation/habitatsdirective/index_en.htm

EC – European Commission (2019c). Invasive Alien Species. Retrieved November 4, 2019, from https://ec.europa.eu/environment/nature/invasivealien/index_en.htm

EC – European Commission (2019d). Reference portal for reporting under Article 17 of the Habitats Directive. Retrieved November 8, 2019, from http://cdr.eionet.europa.eu/help/habitats_art17

EC – European Commission (2019e). Reference portal for reporting under Article 12 of the Birds Directive. Retrieved November 8, 2019, from http://cdr.eionet.europa.eu/help/birds_art12

EC – European Commission (2019f). Special Eurobarometer 481 (Wave EB90.4) – December 2018. Attitudes of Europeans towards Biodiversity report. Brussels, Belgium: Kantar Public Brussels. doi:10.2779/456395

ECA – European Court of Auditors (2017). More efforts needed to implement the Natura 2000 network to its full potential. Special Report. Luxembourg: Publications Office of the European Union. doi:10.2865/217308

EEA – European Environment Agency (2015). State of nature in the EU. Results from reporting under the nature directives 2007–2012. EEA Technical report No 2/2015. Luxembourg: Publications Office of the European Union. doi:10.2800/603862

EEA – European Environment Agency (2020). State of nature in the EU. Results from reporting under the nature directives 2013–2018. EEA Technical report No 10/2020. Luxembourg: Publications Office of the European Union. doi:10.2800/088178

Ehlers, A., Worm, B. & Reusch, T.B.H. (2008). Importance of genetic diversity in eelgrass Zostera marina for its resilience to global warming. Marine Ecology Progress Series, 355: 1-7. doi:10.3354/meps07369

Embling, C.B., Walters, A.E.M. & Dolman, S.J. (2015). How much effort is enough? The power of citizen science to monitor trends in coastal cetacean species. Global Ecology and Conservation, 3: 867-877. doi:10.1016/j.gecco.2015.04.003

EP – European Parliament & CEU – Council of the European Union (2010). Directive 2009/147/EC. The conservation of wild birds. Official Journal of the European Union, L20: 7-25.

FAO – Food and Agriculture Organization (no date). About FAO. Retrieved November 4, 2019, from http://www.fao.org/about/en/

Fois, M., Bacchetta, G., Cogoni, D. & Fenu, G. (2017). Current and future effectiveness of the Natura 2000 network for protecting plant species in Sardinia: a nice and complex strategy in its raw state? Journal of Environmental Planning and Management, 61(2): 332-347. doi:10.1080/09640568.2017.1306496

Freitag, A., Meyer, R. & Whiteman, L. (2016). Strategies employed by citizen science programs to increase the credibility of their data. Citizen Science: Theory and Practice, 1(1): 2. doi:10.5334/cstp.6

Gantioler S., Rayment M., Bassi S., Kettunen M., McConville A., Landgrebe R., Gerdes H. & ten Brink, P. (2010). Costs and socio-economic benefits associated with the Natura 2000 network. Final report to the European Commission, DG Environment on Contract ENV.B.2/SER/2008/0038. Brussels, Belgium: Institute for European Environmental Policy / GHK / Ecologic.

Gardiner, M.M., Allee, L.L., Brown, P.M., Losey, J.E., Roy, H.E. & Smyth, R.R. (2012). Lessons from lady beetles: accuracy of monitoring data from US and UK citizen-science programs. Frontiers in Ecology and the Environment, 10(9): 471-476. doi:10.1890/110185

Gil, A., Ceia, R., Coelho, R., Teodósio, J., Sampaio, H., Veríssimo, C., Heleno, R., Ramos, J. & Timóteo, S. (2016). The Priolo Atlas: A citizen science-based census initiative for supporting Pyrrhula murina habitat conservation and restoration policies in São Miguel Island (Azores, Portugal). Ecological Engineering, 86: 45-52. doi:10.1016/j.ecoleng.2015.10.028

Głąbiński, Z (2015). Ecological awareness of tourists in the coastal areas of Poland - preliminary results of the survey. Bulletin of Geography. Socio-economic Series, 28(28): 53-68. doi:10.1515/bog-2015-0015

Golumbic, Y.N., Orr, D., Baram-Tsabari, A. & Fishbain, B. (2017). Between vision and reality: a study of scientists' views on citizen science. Citizen Science: Theory and Practice, 2(1): 6. doi:10.5334/cstp.53

Gotkiewicz, W. & Sternik, P. (2014). Environmental Awareness Among the Rural Population in Natura 2000 Areas, with Bartoszyce and Sorkwity Communes as an Example. Environmental Protection and Natural Resources, 25(4): 77-81. doi:10.2478/oszn-2014-0033

Gruber, B., Evans, D., Henle, K., Bauch, B., Schmeller, D., Dziock, F., … Dormann, C. (2012). "Mind the gap!" – How well does Natura 2000 cover species of European interest? Nature Conservation, 3: 45-62. doi:10.3897/natureconservation.3.3732

Harrison, P.A., Berry, P.M., Simpson, G., Haslett, J.R., Blicharska, M., Bucur, M., Dunford, R., Egoh, B., Garcia-Llorente, M., Geamănă, N., Geertsema, W., Lommelen, E., Meiresonne, L. & Turkelboom, F. (2014). Linkages between biodiversity attributes and ecosystem services: A systematic review. Ecosystem Services, 9: 191-203. doi:10.1016/j.ecoser.2014.05.006

Hobbs, S.J. & White, P.C.L. (2012). Motivations and barriers in relation to community participation in biodiversity recording. Journal of Nature Conservation, 20(6): 364-373. doi:10.1016/j.jnc.2012.08.002

IPPC – International Plant Protection Convention (no date). Governance & Strategies. Retrieved November 4, 2019, from https://www.ippc.int/en/core-activities/governance/

IUCN – International Union for Conservation of Nature (2019). The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2019-2. Retrieved November 4, 2019, from https://www.iucnredlist.org

Jacobs, NFO WorldGroup, Gibson, H., Hanley, N., Wright, R., Coulthard, N. & Oglethorpe, D. (2004). An economic assessment of the costs and benefits of Natura 2000 sites in Scotland. Final Report. The Scottish Government. Retrieved April 10, 2018, from http://www.gov.scot/Publications/2004/06/19426/38107

Johnson, C.N., Balmford, A., Brook, B.W., Buettel, J.C., Galetti, M., Guangchun, L. & Wilmshurst, J.M. (2017). Biodiversity losses and conservation responses in the Anthropocene. Science, 356(6335): 270-275. doi:10.1126/science.aam9317

Jucker, T., Bouriaud, O., Avacaritei, D. & Coomes, D.A. (2014). Stabilizing effects of diversity on aboveground wood production in forest ecosystems: linking patterns and processes. Ecology Letters, 17(12): 1560-1569. doi:10.1111/ele.12382

Kallimanis, A.S., Panitsa, M. & Dimopoulos, P. (2017). Quality of non-expert citizen science data collected for habitat type conservation status assessment in Natura 2000 protected areas. Scientific Reports, 7: 8873. doi:10.1038/s41598-017-09316-9

Kati, V.I., Hovardas, T., Dieterich, M., Ibisch, P.L., Mihok, B. & Selva, N. (2014). The Challenge of Implementing the European Network of Protected Areas Natura 2000. Conservation Biology, 0(0): 1-10. doi:10.1111/cobi.12366

Katušić, L., Jelaska, S.D. & Šerić Jelaska, L. (2017). Monitoring of saproxylic beetles in Croatia: following the path of the stag beetle. In Carpaneto, G.M., Audisio, P., Bologna, M.A., Roversi, P.F. & Mason, F. (Eds.), Monitoring of saproxylic beetles and other insects protected in the European Union. Nature Conservation, 19: 39-56. doi:10.3897/natureconservation.19.12683

Levrel, H., Fontaine, B., Henry, P.-Y., Jiguet, F., Julliard, R., Kerbiriou, C. & Couvet, D. (2010). Balancing state and volunteer investment in biodiversity monitoring for the implementation of CBD indicators: A French example. Ecological Economics, 69(7): 1580-1586. doi:10.1016/j.ecolecon.2010.03.001

Lisón, F., Sánchez-Fernández, D. & Calvo, J.F. (2015). Are species listed in the Annex II of the Habitats Directive better represented in Natura 2000 network than the remaining species? A test using Spanish bats. Biodiversity and Conservation, 24(10): 2459-2473. doi:10.1007/s10531-015-0937-1

Mazaris, A.D., Papanikolaou, A.D., Barbet-Massin, M., Kallimanis, A.S., Jiguet, F., Schmeller, D.S. & Pantis, J.D. (2013). Evaluating the Connectivity of a Protected Areas' Network under the Prism of Global Change: The Efficiency of the European Natura 2000 Network for Four Birds of Prey. PLoS ONE, 8(3): e59640. doi:10.1371/journal.pone.0059640

McKinley, D.C., Miller-Rushing, A.J., Ballard, H.L., Bonney, R., Brown, H., Cook-Patton, S.C., Evans, D.M., French, R.A., Parrish, J.K., Phillips, T.B., Ryan, S.F., Shanley, L.A., Shirk, J.L., Stepenuck, K.F., Weltzin, J.F., Wiggins, A., Boyle, O.D., Briggs, R.D., Chapin III, S.F., Hewitt, D.A., Preuss, P.W. & Soukup, M.A. (2017). Citizen science can improve conservation science, natural resource management, and environmental protection. Biological Conservation, 208: 15-28. doi:10.1016/j.biocon.2016.05.015

MEA – Millennium Ecosystem Assessment (2005). Ecosystems and human well-being: Synthesis. Washington, DC, USA: Island Press. ISBN 1-59726-040-1

Miller-Rushing, A., Primack, R. & Bonney, R. (2012). The history of public participation in ecological research. Frontiers in Ecology and the Environment, 10(6): 285-290. doi:10.1890/110278

Nelms, S., Coombes, C., Foster, L., Galloway, T., Godley, B., Lindeque, P. & Witt, M. (2017). Marine anthropogenic litter on British beaches: A 10-year nationwide assessment using citizen science data. Science of The Total Environment, 579: 1399-1409. doi:10.1016/j.scitotenv.2016.11.137

Pescott, O.L., Walker, K.J., Pocock, M.J.O., Mark Jitlal, M., Outhwaite, C.L., Cheffings, C.M., Harris, F. & Roy, D.B. (2015). Ecological monitoring with citizen science: the design and implementation of schemes for recording plants in Britain and Ireland. Biological Journal of the Linnean Society, 115: 505-521. doi:10.1111/bij.12581

Pietrzyk-Kaszyńska, A., Cent, J., Grodzińska-Jurczak, M. & Szymańska, M. (2012). Factors influencing perception of protected areas - The case of Natura 2000 in Polish Carpathian communities. Journal for Nature Conservation, 20(5): 284-292. doi:10.1016/j.jnc.2012.05.005

Raddick, M.J., Bracey, G., Gay, P.L., Lintott, C.J., Cardamone, C., Murray, P., Schawinski, K., Szalay, A.S. & Vandenberg, J. (2013). Galaxy zoo: Motivations of citizen scientists. Astronomy Education Review, 12(1): 010106. doi:10.3847/AER2011021

Ramsar Convention Secretariat (no date). The Ramsar Convention and its mission. Retrieved November 4, 2019, from https://www.ramsar.org/about/the-ramsar-convention-and-its-mission

Riesch, H. & Potter, C. (2014). Citizen science as seen by scientists: Methodological, epistemological and ethical dimensions. Public Understanding of Science, 23(1): 107-120. doi:10.1177/0963662513497324

Roy, H.E., Pocock, M.J.O., Preston, C.D., Roy, D.B., Savage, J., Tweddle, J.C. & Robinson, L.D. (2012). Understanding citizen science & environmental monitoring. Final report on behalf of UK-EOF. Wallingford, USA: NERCCentre for Ecology & Hydrology and Natural History Museum. Retrieved December 2, 2019, from https://www.ceh.ac.uk/sites/default/files/citizensciencereview.pdf

Rubio-Salcedo, M., Martínez, I., Carreño, F. & Escudero, A. (2013). Poor effectiveness of the Natura 2000 network protecting Mediterranean lichen species. Journal for Nature Conservation, 21(1): 1-9. doi:10.1016/j.jnc.2012.06.001

Sánchez-Bayo, F. & Wyckhuys, K.A.G. (2019). Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. Biological Conservation, 232: 8-27. doi:10.1016/j.biocon.2019.01.020

Schäfer, T. & Kieslinger, B. (2016). Supporting emerging forms of citizen science: a plea for diversity, creativity and social innovation. Journal of Science Communication, 15(2): Y02. doi:10.22323/2.15020402

Science Communication Unit, University of the West of England, Bristol (2013). Science for environment policy in-depth report: Environmental citizen science. Report produced for the European Commission DG Environment, December 2013. Retrieved December 3, 2019, from http://ec.europa.eu/science-environment-policy

SEP – Science for Environment Policy (2015). Ecosystem services and biodiversity. In-depth Report 11 produced for the European Commission, DG Environment by the Science Communication Unit, UWE, Bristol. Retrieved March 3, 2018, from http://ec.europa.eu/science-environment-policy

Simpson, R., Page, K.R. & De Roure, D. (2014). Zooniverse: observing the world's largest citizen science platform. In Proceedings of the 23rd International Conference on World Wide Web - WWW '14 Companion. doi:10.1145/2567948.2579215

Sundseth, K. (2015). The EU birds and habitats directives: For nature and people in Europe. Luxembourg: Publications Office of the European Union. doi:10.2779/49288

TEEB – The Economics of Ecosystems and Biodiversity (2010). The economics of ecosystems and biodiversity: Ecological and economic foundations. Edited by Pushpam Kumar. London, UK and Washington, DC, USA: Earthscan. ISBN 978-1-84971-212-5

Trochet, A. & Schmeller, D. (2013). Effectiveness of the Natura 2000 network to cover threatened species. Nature Conservation, 4: 35-53. doi:10.3897/natureconservation.4.3626

UNEP – United Nations Environment Programme (2016). Marine plastic debris and microplastics – global lessons and research to inspire action and guide policy change. Nairobi: United Nations Environment Programme. Retrieved December 3, 2019, from http://hdl.handle.net/20.500.11822/7720

Wernberg, T., Coleman, M.A., Bennett, S., Thomsen, M.S., Tuya, F. & Kelaher, B.P. (2018). Genetic diversity and kelp forest vulnerability to climatic stress. Scientific Reports, 8: 1851. doi:10.1038/s41598-018-20009-9

World Heritage Center (no date). The States Parties. Retrieved November 4, 2019, from https://whc.unesco.org/en/statesparties/

Wyles, K.J., Pahl, S., Holland, M. & Thompson, R.C. (2016). Can beach cleans do more than clean-up litter? Comparing beach cleans to other coastal activities. Environment and Behavior, 49(5): 509-535. doi:10.1177/0013916516649412

Zapponi, L., Cini, A., Bardiani M., Hardersen, S., Maura, M., Maurizi, E., Redolfi De Zan, L., Audisio, P., Bologna, M.A., Carpaneto, G.M., Roversi, P.F., Sabbatini Peverieri, G., Mason, F. & Campanaro, A. (2017). Citizen science data as an efficient tool for mapping protected saproxylic beetles. Biological Conservation, 208: 139-145. doi:10.1016/j.biocon.2016.04.035

II. DRIVEN QUESTION, MAIN GOALS, AND THESIS STRUCTURE

The main goal of the current thesis was to answer the following research question: can citizen science provide valuable data for Natura 2000 management in a cost-effective way while raising public awareness about biodiversity and the network? For this purpose, six specific tasks (T) were addressed, namely:

- T1. Collection of historical data on biological communities of pilot sites – Rio Lima (PTCON0020) and Serra de Montemuro (PTCON0025) – to guide the choice of the variables for monitoring in the context of T2.
- T2. Development and/or adaptation of citizen science protocols to monitor the response of biological communities to human pressure.
- T3. Launch and maintain a CS campaign.
- T4. Assessment of the overall engagement performance of the launched citizen science program.
- T5. Evaluation of the CS campaign regarding the benefits to citizen participants (awareness, understanding, attitudes, enjoyment).
- T6. Determination of the potential of CS campaign as a monitoring tool.

Besides, this research also entailed a set of secondary goals aimed at allowing adjustments to the aforementioned CS program and at guiding its transference to other Natura 2000 sites, thus amplifying the project outputs. These objectives were:

- GI. To characterize the current awareness, knowledge, and attitudes of Portuguese citizens towards biodiversity and Natura 2000.
- GII. To evaluate the degree of affective connection of Portuguese communities to Natura 2000 sites.
- GIII. To quantify the role of social media in CS projects addressing conservation issues.

Henceforth, this thesis will mostly adopt the structure of a compilation of research articles (published, in press, or to be submitted), resulting in the following order:

- Chapter IV: Oliveira, S.S., Pereira, J., Santos, P. & Pereira, R. (2020). Awareness and Knowledge of Portugal Residents about Natura 2000. Sustainability, 12(22), 9663. doi.org/10.3390/su12229663
- Chapter V: Oliveira, S.S., Pereira, J., Santos, P. & Pereira, R. (2021). Assessing soil quality in schoolyards: a hands-on activity for middle school students. The American Biology Teacher, 83(5), 331–336. doi.org/10.1525/abt.2021.83.5.331
- Chapter VI: Oliveira, S.S., Kumar, D., Martins D., Pereira, J., Santos, P. & Pereira, R. (To be submitted). Assessing soil quality in Portugal through citizen science to support Natura 2000: learning outcomes and preliminary data accuracy.
- Chapter VII: Barros, B.M.F., Oliveira, S.S., Pereira, J., Santos, P. & Pereira, R. (2020). Caracterização do papel dos Social Media em Projetos de Ciência Cidadã ligados à Biodiversidade. Captar, 9(1), 54–67. doi:10.34624/captar.v0i0.21126
- Chapter VIII: Oliveira, S.S., Barros, B., Pereira, J., Santos, P. & Pereira, R. (In press). Social media use by citizen science projects: characterization and recommendations. Frontiers in Environmental Science. doi: 10.3389/fenvs.2021.715319

Table II.1 discriminates the contribution of the PhD candidate to each of the abovementioned research articles. It is relevant to highlight that all accepted or published articles were included in this manuscript with the permission of their respective journal (supplementary material II).

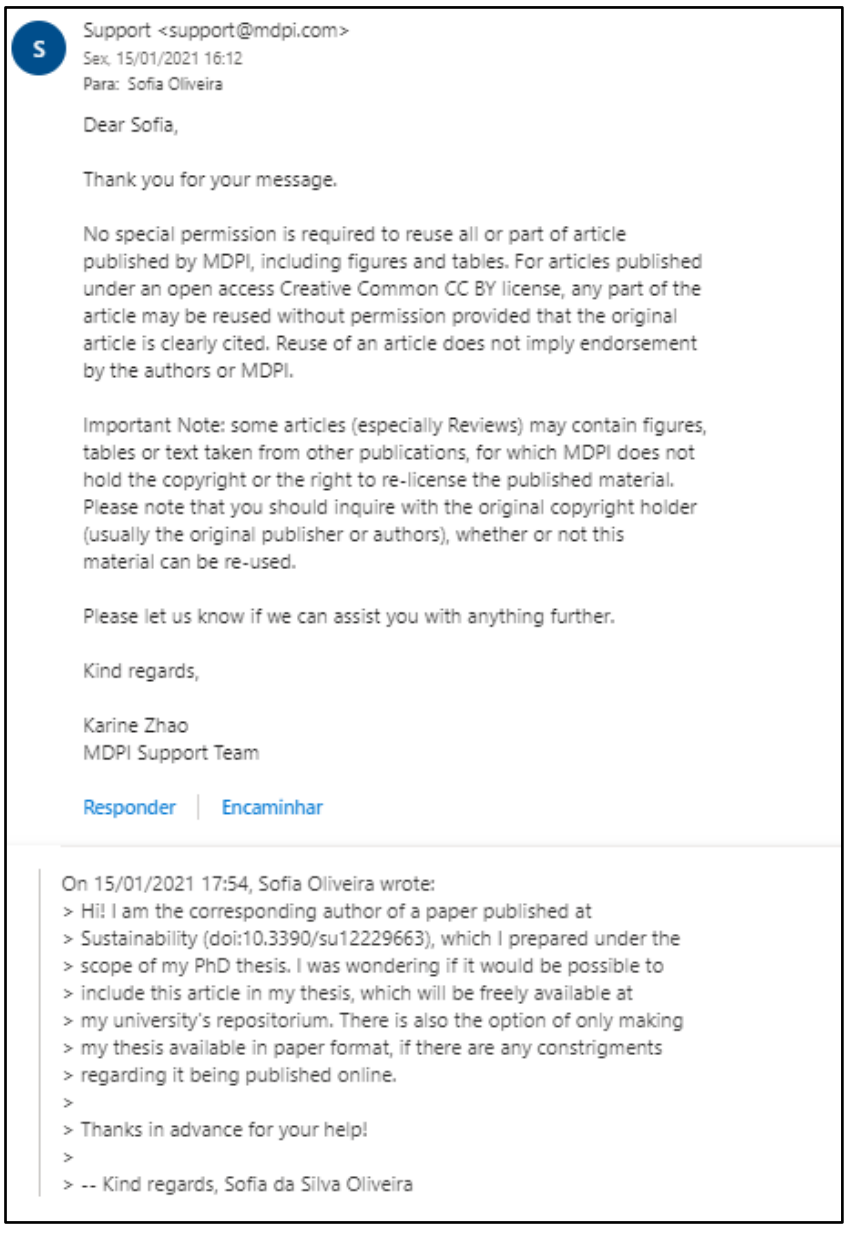
Table II.1 – Contribution of the PhD candidate to the research articles composing the current thesis.

Chapters	Conceptualization	Data collection / Experimental work	Data analysis	Visualization	Writing (original draft)
IV	S.S.O., J.P., P.S. and R.P.	S.S.O.	S.S.O.	S.S.O.	S.S.O.
V	S.S.O., J.P., P.S. and R.P.	-	-	S.S.O.	S.S.O.

VI	S.S.O., J.P., P.S. and R.P.	S.S.O., D.K. and D.M.	S.S.O.	S.S.O.	S.S.O.
VII	S.S.O., J.P., P.S. and R.P.	S.S.O. and B.M.F.B.	S.S.O. and B.M.F.B.	S.S.O. and B.M.F.B.	S.S.O. and B.M.F.B.
VIII	S.S.O., J.P., P.S. and R.P.	S.S.O. and B.B.	S.S.O.	S.S.O.	S.S.O.

S.S.O. – Sofia da Silva Oliveira; J.P. – Joana Pereira; P.S. – Paulo Santos; R.P. – Ruth Pereira; B.M.F.B. / B.B. – Bárbara Barros.

II-1. Supplementary material II – Authorization proof



Support <support@mdpi.com>
Sex, 15/01/2021 16:12
Para: Sofia Oliveira

Dear Sofia,

Thank you for your message.

No special permission is required to reuse all or part of article published by MDPI, including figures and tables. For articles published under an open access Creative Common CC BY license, any part of the article may be reused without permission provided that the original article is clearly cited. Reuse of an article does not imply endorsement by the authors or MDPI.

Important Note: some articles (especially Reviews) may contain figures, tables or text taken from other publications, for which MDPI does not hold the copyright or the right to re-license the published material. Please note that you should inquire with the original copyright holder (usually the original publisher or authors), whether or not this material can be re-used.

Please let us know if we can assist you with anything further.

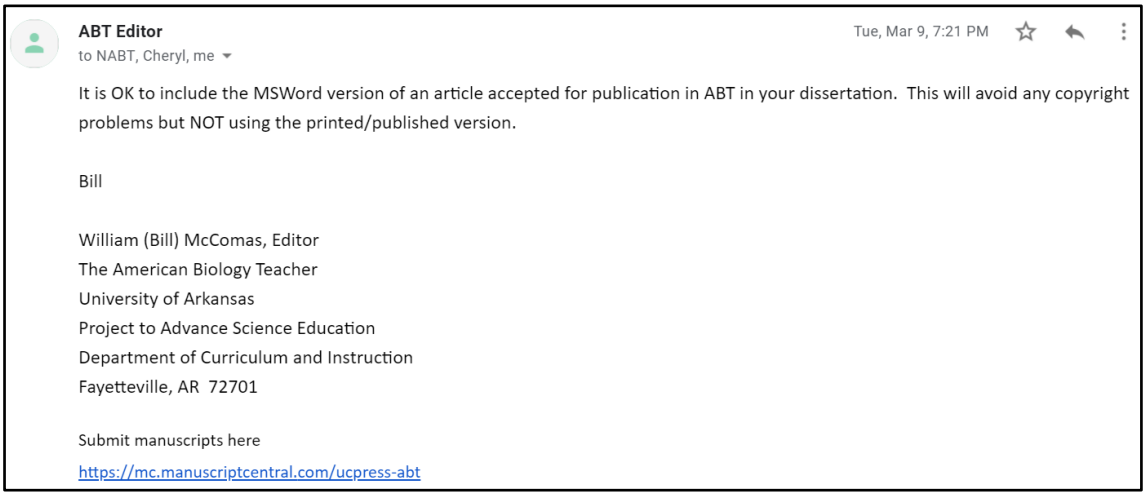
Kind regards,

Karine Zhao
MDPI Support Team

Responder | Encaminhar

On 15/01/2021 17:54, Sofia Oliveira wrote:
> Hi! I am the corresponding author of a paper published at
> Sustainability (doi:10.3390/su12229663), which I prepared under the
> scope of my PhD thesis. I was wondering if it would be possible to
> include this article in my thesis, which will be freely available at
> my university's repositorium. There is also the option of only making
> my thesis available in paper format, if there are any constrigments
> regarding it being published online.
>
> Thanks in advance for your help!
>
> -- Kind regards, Sofia da Silva Oliveira

Figure II.1 – Proof of the permission given by MDPI to include the article “Awareness and Knowledge of Portugal Residents about Natura 2000” in this PhD thesis, under a CC BY license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



ABT Editor Tue, Mar 9, 7:21 PM
to NABT, Cheryl, me

It is OK to include the MSWord version of an article accepted for publication in ABT in your dissertation. This will avoid any copyright problems but NOT using the printed/published version.

Bill

William (Bill) McComas, Editor
The American Biology Teacher
University of Arkansas
Project to Advance Science Education
Department of Curriculum and Instruction
Fayetteville, AR 72701

Submit manuscripts here
https://mc.manuscriptcentral.com/ucpress-abt

Figure II.2 – Proof of the permission given by the editor of The American Biology Teacher journal to include the article “Assessing soil quality in schoolyards: a hands-on activity for middle school students” in this PhD thesis.

Sofia Oliveira <oliveira.scds@gmail.com> 3:14 PM (4 hours ago)
to bio-captar.editorial

Boa tarde,

Sou aluna de doutoramento da Faculdade de Ciências - Universidade do Porto e uma das autoras do artigo "Caracterização do papel dos Social Media em Projetos de Ciência Cidadã ligados à Biodiversidade" (https://doi.org/10.34624/captar.v0i0.21126). Gostaria de saber se seria possível incluir o mesmo na minha tese de doutoramento, que será publicada no repositório aberto da UP.

Desde já obrigada!

--
Cumprimentos,
Sofia da Silva Oliveira

Tania Vidal 3:35 PM (4 hours ago)
to me

Cara Sofia,

Agradecemos o seu contacto.

Cumpre-nos informar desde logo que a CAPTar opera no modelo de publicação em Acesso Aberto. Este modelo segue os mesmos processos editoriais que a publicação tradicional (nomeadamente a revisão por pares), mas proporciona Acesso Aberto aos seus conteúdos, sendo que os direitos de autor (copyright) pertencem aos autores.

Assim, não vemos qualquer inconveniente em que o artigo referido seja incluído na sua Tese de Doutoramento.

Com os melhores cumprimentos,

Tânia Vidal

Figure II.3 – Proof of the permission given by the journal Captar to include the article “Caracterização do papel dos Social Media em Projetos de Ciência Cidadã ligados à Biodiversidade” in this PhD thesis.

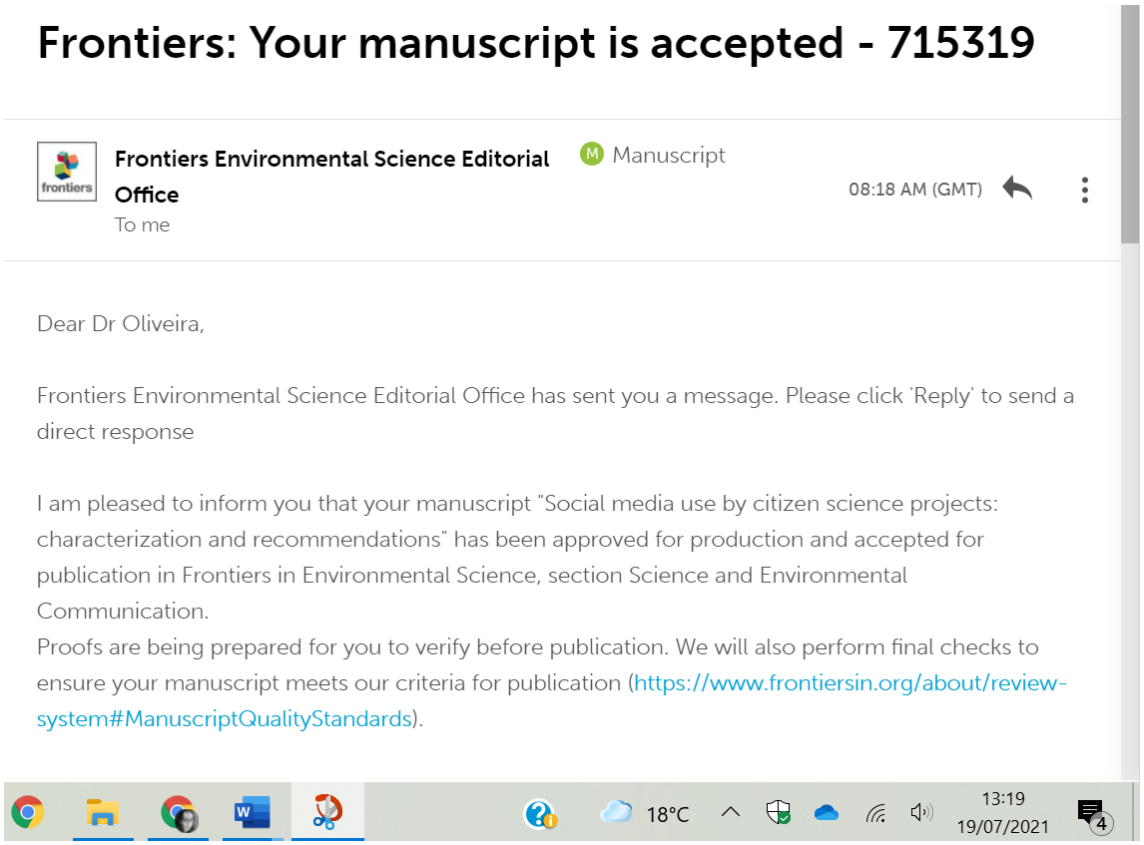


Figure II.4 – Proof of acceptance of the article "Social media use by citizen science projects: characterization and recommendations" by the journal "Frontiers in Environmental Science".

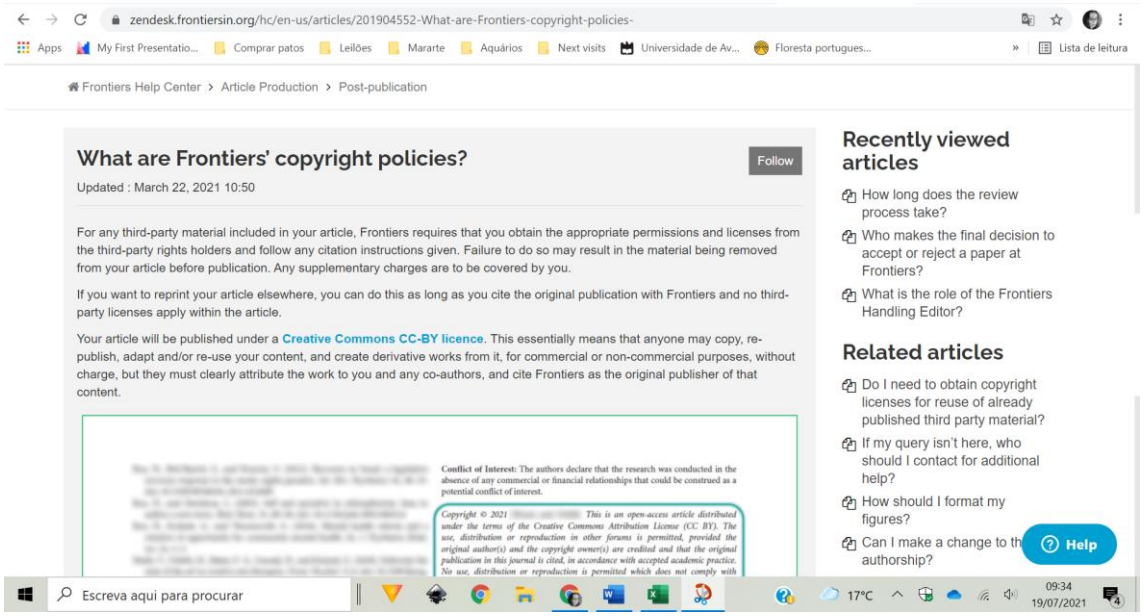


Figure II.5 – Proof of the copyright policy of Frontiers, the publisher that hosts the journal "Frontiers in Environmental Science" where the article "Social media use by citizen science projects: characterization and recommendations" is soon to be published. Figure from Frontiers' website (CC BY 4.0 - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

III. NATURA +: A NATIONWIDE CITIZEN SCIENCE PROJECT

III-1. The rationale and the pathway

The first step in the development of a citizen science project focused on Natura 2000 was a review of literature to screen the variables to monitor in the chosen pilot sites: Rio Lima (PTCON0020) and Serra de Montemuro (PTCON0025). The review focused on studies concerning indicator species/parameters and information from both sites with the aim of selecting species/parameters that best translate shifts in the ecosystem structure and functions as well as significant threatened and/or rare species. Besides, historical data on biological communities (focus on animal taxa) that encouraged the classification of Rio Lima and Serra de Montemuro as part of Natura 2000 were also considered (using grey and scientific literature databases). For this review, performed during May 2018, several keywords related to the location of the pilot sites were used in Scopus and on Google, including: “Montemuro”, “Bestança”, “Cabrium”, “Balsemão”, “Paiva river”, “Vidoeiro”, “Lima river”, “Lima estuary”, "Bertiandos", "São Pedro de Arcos", and “Estorãos”. All relevant references were organized in databases. As expected, monitoring data were scarce. In the case of Serra the Montemuro, 15 references were found to report on animal taxa monitoring (Table III.1). Besides, it was found that this protected area provided habitat for a high proportion of Chiroptera species included in Natura 2000 supporting directives. For this taxonomic group, there was also some variety regarding the quantitative and qualitative data available in the literature.

Table III.1 – Summary of the monitoring studies targeting animal taxa that were carried out in Serra de Montemuro. **References:** **(1)** Barros, P., Moreira, P. & Ferreira, S. (2010). Contribution to the knowledge of the Odonata fauna of northern Portugal. Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa, 46: 533-539. **(2)** ICNF (2015). Standard data forms: Montemuro - PTCON0025. Retrieved on April 1, 2018, from: http://natura2000.eea.europa.eu/Natura2000/SDF.aspx?site=PTCON0025. **(3)** Loureiro, A., Ferrand de Almeida, N., Carretero, M.A. & Paulo, O.S. (eds.) (2008). Atlas dos anfíbios e répteis de Portugal. Lisbon, Portugal: Instituto da Conservação da Natureza e da Biodiversidade. ISBN 978-989-680-005-5. **(4)** Bencatel, J., Álvares, F., Moura, A.E. & Barbosa, A.M. (eds.) (2017). Atlas de mamíferos de Portugal. Portugal: Universidade de Évora. ISBN 978-989-8550-54-5. **(5)** Cabral, M.J. (coord.); Almeida, J., Almeida, P.R., Delliger, T., Ferrand de Almeida, N., Oliveira, M.E., Palmeirim, J.M., Queirós, A.I., Rogado, L. & Santos-Reis, M. (eds.) (2005). Livro vermelho dos vertebrados de Portugal. Lisboa, Portugal: Instituto da Conservação da Natureza. ISBN 978-972-37-1082-3. **(6)** Moreira-Pinhal, T.C., Gonçalves, A.R., Grosso-Silva, J.M., Oliveira, T., Mocito, R.S. & Fonseca, C. (1999). Contribuição para o conhecimento dos lucanídeos (Coleoptera, Lucanidae) de Portugal. Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa, 25: 11-15. **(7)** Vacaloura.pt (2017). Resultados de 2017. Retrieved on March 23, 2018, from: http://www.vacaloura.pt/resultados-2017/. **(8)** Harvey, D.J., Gange, A.C., Hawes, C.J. & Rink, M. (2011). Bionomics and distribution of the stag beetle, Lucanus cervus (L.) across Europe. Insect Conservation and Diversity, 4: 23-38. **(9)** Barbosa, A.M., Real, R., Olivero, J. & Vargas, J.M. (2003). Otter (Lutra lutra) distribution modeling at two resolution scales suited to conservation planning in the Iberian Peninsula.

Biological Conservation, 114(3): 377-387. **(10)** Barbosa, A.M.E. (2001). Modelação biogeográfica da distribuição da lontra (Lutra lutra) na Península Ibérica com base em factores espaciais, ambientais e humanos. Relatório de Estágio (Tese de Licenciatura). Universidade do Porto. 67 pp. **(11)** ICNB (2010). Avaliação do efeito dos parques eólicos sobre os morcegos em Portugal continental (documento de trabalho). Instituto da Conservação da Natureza e da Biodiversidade. Relatório não publicado. 88 pp. **(12)** Godinho, R., Teixeira, J., Rebelo, R., Segurado, P., Loureiro, A., Alvares, F., Gomes, N., Cardoso, P., Camilo-Alves, C. & Brito, J.C. (1999). Atlas of the continental Portuguese herpetofauna: an assemblage of published and new data. Revista Española de Herpetología, 13: 61-82. **(13)** Brito, J.C., Godinho, M.R., Luís, C.S., Paulo, O.S. & Crespo, E.G. (1999). Management strategies for conservation of the lizard Lacerta schreiberi in Portugal. Biological Conservation, 89: 311-319. **(14)** Brito, J.C., Paulo, O.S. & Crespo, E.G. (1998). Distribution and habitats of Schreiber's Green lizard (Lacerta schreiberi) in Portugal. Herpetological Journal, 8: 187-194. **(15)** Brito, J.C., Brito e Abreu, F., Paulo, O.S., Rosa, H.D. & Crespo, E.G. (1996). Distribution of Schreiber's green lizard (Lacerta schreiberi) in Portugal: a predictive model. Herpetological Journal, 6: 43-47.

Fauna		# of references available on historical data								References
		Qualitative data				Quantitative data			Grid distribution	
Group	Species	Presence	Abundance category	Isolation	Conservation status	Shelter occupation	Activity/Space use	Population size		
AMPHIBIANS	*Alytes obstetricans*	x							2	2, 3, 12
AMPHIBIANS	*Chioglossa lusitanica*	x	1	1	1				2	2, 3, 12
AMPHIBIANS	*Discoglossus galganoi*	x							2	2, 3, 12
AMPHIBIANS	*Epidalea calamita*	x							1	2, 3
AMPHIBIANS	*Hyla arborea*	x							2	2, 3, 12
AMPHIBIANS	*Lissotriton boscai*	x							1	2, 3
AMPHIBIANS	*Rana iberica*	x							2	2, 3, 12
AMPHIBIANS	*Pelophylax perezi*	x							2	2, 3, 12
AMPHIBIANS	*Triturus marmoratus*	x							2	2, 3, 12
FISHES	*Pseudochondrostoma duriense*	x								2
FISHES	*Rutilus alburnoides*	x								2
INVERTEBRATES (COLEOPTERA)	*Lucanus cervus*	x							3	2, 6, 7, 8
INVERTEBRATES (LEPIDOPTERA)	*Callimorpha quadripunctaria*	x		1	1					2
INVERTEBRATES (LEPIDOPTERA)	*Euphydryas aurinia*	x	1	1	1					2
INVERTEBRATES (ODONATA)	*Calopteryx haemorrhoidalis*	x							1	1
INVERTEBRATES (ODONATA)	*Calopteryx virgo*	x							1	1
INVERTEBRATES (ODONATA)	*Ceriagrion tenellum*	x							1	1
INVERTEBRATES (ODONATA)	*Coenagrion puella*	x							1	1
INVERTEBRATES (ODONATA)	*Erythromma lindenii*	x							1	1
INVERTEBRATES (ODONATA)	*Gomphus graslinii*	x							1	1, 2
INVERTEBRATES (ODONATA)	*Ischnura graelsii*	x							1	1
INVERTEBRATES (ODONATA)	*Ischnura pumilio*	x							1	1
INVERTEBRATES (ODONATA)	*Lestes dryas*	x							1	1
INVERTEBRATES (ODONATA)	*Lestes viridis*	x							1	1
INVERTEBRATES (ODONATA)	*Macromia splendens*	x							1	1, 2
INVERTEBRATES (ODONATA)	*Oxygastra curtisii*	x								2
INVERTEBRATES (ODONATA)	*Pyrrhosoma nymphula*	x							1	1
MAMMALS	*Canis lupus*	x		1	1			2	1	2, 4, 5
MAMMALS	*Galemys pyrenaicus*	x	1	1	1				1	2, 4
MAMMALS	*Genetta genetta*	x							1	2, 4
MAMMALS	*Herpestes ichneumon*	x							1	2, 4
MAMMALS	*Lutra lutra*	x	1	1	1				3	2, 4, 9, 10
MAMMALS	*Mustela putorius*	x							1	2, 4
MAMMALS	*Mustela erminea*	x							1	4, 5
MAMMALS	*Sus scrofa*	x	1						1	2, 4
MAMMALS (CHIROPTERA)	*Barbastella barbastellus*	x					1			2, 11
MAMMALS (CHIROPTERA)	*Eptesicus serotinus*	x					1			2, 11
MAMMALS (CHIROPTERA)	*Hypsugo savii*	x					1			2, 11
MAMMALS (CHIROPTERA)	*Miniopterus schreibersii*	x		1	1	1	1	1		2, 11
MAMMALS (CHIROPTERA)	*Myotis blythii*	x				1	1			2, 11
MAMMALS (CHIROPTERA)	*Myotis daubentonii*	x				1	1			2, 11
MAMMALS (CHIROPTERA)	*Myotis myotis*	x				1	1			2, 11
MAMMALS (CHIROPTERA)	*Myotis nattereri*	x				1	1			2, 11

MAMMALS (CHIROPTERA)	*Nyctalus lasiopterus*	x					1			2, 11
MAMMALS (CHIROPTERA)	*Nyctalus leisleri*	x					1			2, 11
MAMMALS (CHIROPTERA)	*Nyctalus noctula*	x					1			2, 11
MAMMALS (CHIROPTERA)	*Pipistrellus kuhlii*	x					1			2, 11
MAMMALS (CHIROPTERA)	*Pipistrellus pipistrellus*	x					1			2, 11
MAMMALS (CHIROPTERA)	*Plecotus sp.*	x					1			11
MAMMALS (CHIROPTERA)	*Pipistrellus pygmaeus*	x					1			2, 11
MAMMALS (CHIROPTERA)	*Rhinolophus euryale*	x		1	1	1	1			2, 11
MAMMALS (CHIROPTERA)	*Rhinolophus ferrumequinum*	x		1	1	1	1	1		2, 11
MAMMALS (CHIROPTERA)	*Rhinolophus hipposideros*	x		1	1	1	1	1		2, 11
MAMMALS (CHIROPTERA)	*Tadarida teniotis*	x					1			2, 11
REPTILES	*Podarcis bocagei*	x							2	2, 3, 12
REPTILES	*Chalcides bedriagai*	x							2	2, 3, 12
REPTILES	*Coluber hippocrepis*	x							2	2, 3, 12
REPTILES	*Coronella austriaca*	x							2	2, 3, 12
REPTILES	*Lacerta lepida*	x							1	2, 3
REPTILES	*Lacerta schreiberi*	x	1	1	1				5	2, 3, 12, 13, 14, 15
REPTILES	*Podarcis hispanica*	x							2	2, 3, 12
REPTILES	*Vipera latastei*	x							2	2, 3, 12

For Rio Lima, 30 references were found regarding animal taxa monitoring (Table III.2). As expected, this site comprised several fish species considered as relevant species in the Natura 2000 standard data forms (ICNF, 2015). Also, there were many studies reporting on fish monitoring data.

Table III.2 – Summary of the monitoring studies targeting animal taxa that were carried out in Rio Lima. "References for other targets" concerns taxa that were not included in the relevant species described in the Natura 2000 standard data forms (ICNF, 2015). **References: (1)** ICNF (2015). Standard data forms: Rio Lima - PTCON0020. Retrieved on April 1, 2018, from: https://natura2000.eea.europa.eu/Natura2000/SDF.aspx?site=PTCON0020. **(2)** Loureiro, A., Ferrand de Almeida, N., Carretero, M.A. & Paulo, O.S. (eds.) (2008). Atlas dos anfíbios e répteis de Portugal. Lisbon, Portugal: Instituto da Conservação da Natureza e da Biodiversidade. ISBN 978-989-680-005-5. **(3)** Godinho, R., Teixeira, J., Rebelo, R., Segurado, P., Loureiro, A., Alvares, F., Gomes, N., Cardoso, P., Camilo-Alves, C. & Brito, J.C. (1999). Atlas of the continental Portuguese herpetofauna: an assemblage of published and new data. Revista Española de Herpetología, 13: 61-82. **(4)** Cabral, M.J. (coord.); Almeida, J., Almeida, P.R., Delliger, T., Ferrand de Almeida, N., Oliveira, M.E., Palmeirim, J.M., Queirós, A.I., Rogado, L. & Santos-Reis, M. (eds.) (2005). Livro vermelho dos vertebrados de Portugal. Lisboa, Portugal: Instituto da Conservação da Natureza. ISBN 978-972-37-1082-3. **(5)** Oliveira, J.M. (coord.), Santos, J.M., Teixeira, A., Ferreira, M.T., Pinheiro, P.J., Geraldes, A. & Bochechas, J. (2007). Projecto Aquariport: Programa nacional de monitorização de recursos piscícolas e de avaliação da qualidade ecológica de rios. Lisbon, Portugal: Direcção-Geral dos Recursos Florestais. **(6)** Santos, J.M., Ferreira, M.T., Godinho, F.N. & Bochechas, J. (2005). Efficacy of a nature-like bypass channel in a Portuguese lowland river. Journal of Applied Ichthyology, 21: 381-388. **(7)** Santos, J.M., Godinho, F., Ferreira, M.T. & Cortes, R. (2004). The organisation of fish assemblages in the regulated Lima basin, Northern Portugal. Limnologica, 34(3): 224-235. **(8)** Cortes, R.M.V., Ferreira, M.T., Oliveira, S.V. & Oliveira, D. (2002). Macroinvertebrate community structure in a regulated river segment with different flow conditions. River Research and Applications, 18: 367-382. **(9)** Santos, J.M., Ferreira, M.T., Godinho, F.N. & Bochechas, J. (2002). Performance of fish lift recently built at the Touvedo Dam on the Lima River, Portugal. Journal of Applied Ichthyology, 18(2): 118-123. **(10)** ICNF (no date). Plano setorial da rede Natura 2000. Retrieved on March 23, 2018, from: http://www2.icnf.pt/portal/pn/biodiversidade/rn2000/p-set. **(11)** Garcia-Barros, E., Mungira, M.L., Martin, J., Romo, H., Garcia-Pereira, P. & Maravalhas, E.S. (2004). Atlas de las mariposas diurnas de la Península Ibérica e islas Baleares (Lepidoptera: Papilionoidea & Hesperioidea). Monografias S.E.A:, volume 11. Zaragoza, Spain: Sociedad Entomológica Aragonesa, Universidad Autónoma de Madrid & Ministerio de Educación y Cultura. **(12)** Bencatel, J., Álvares, F., Moura, A.E. & Barbosa, A.M. (eds.) (2017). Atlas de mamíferos de Portugal. Portugal: Universidade de Évora. ISBN 978-989-8550-54-5. **(13)** Trindade, A., Farinha, N. & Florêncio, E. (1998). A distribuição da Lontra Lutra lutra em Portugal – situação em 1995. Estudos de Biologia e Conservação da Natureza, 28. Lisbon, Portugal: Instituto da Conservação da

Natureza. **(14)** Brito, J.C., Brito e Abreu, F., Paulo, O.S., Rosa, H.D. & Crespo, E.G. (1996). Distribution of Schreiber's green lizard (Lacerta schreiberi) in Portugal: a predictive model. Herpetological Journal, 6: 43-47. **(15)** Brito, J.C., Paulo, O.S. & Crespo, E.G. (1998): Distribution and habitats of Schreiber's Green lizard (Lacerta schreiberi) in Portugal. Herpetological Journal, 8: 187-194.

Fauna		# of references available on historical data											References
		Qualitative data						Quantitative data				Grid distribution	
Group	Species	Presence	Abundance category	Isolation	Conservation	Diversity	Community structure	Population size	Population density	Relative abundance	% Occupancy		
Birds directive (Article 4) & Habitats directive (Annex II)													-
AMPHIBIANS	*Chioglossa lusitanica*	x										2	1, 2, 3
FISHES	*Achondrostoma oligolepis*	x		1	1				1		1		1, 4, 5
FISHES	*Alosa alosa*	x	1	1	1								1, 4, 10
FISHES	*Alosa fallax*	x	1	1	1								1, 4, 10
FISHES	*Petromyzon marinus*	x	1	1	1				2	1	2		1, 4, 5, 6, 7, 8, 10
FISHES	*Pseudochondrostoma duriense*	x		1	1				1		1		1, 4, 5
FISHES	*Salmo salar*	x	1	1	1			1		1			1, 4, 9, 10
I	*Coenagrion mercuriale*	x	1	1	1								1
I	*Euphydryas aurinia*	x		1	1							1	1, 11
I	*Oxygastra curtisii*	x											1
MAMMALS	*Galemys pyrenaicus*	x										1	1, 4, 12
MAMMALS	*Lutra lutra*	x	1	1	1							2	1, 12, 13
REPTILES	*Lacerta schreiberi*	x	1	1	1							4	1, 2, 3, 14, 15
Other important species of fauna													-
AMPHIBIANS	*Alytes obstetricans*	x	1									2	1, 2, 3
AMPHIBIANS	*Hyla arborea*	x										2	1, 2, 3
AMPHIBIANS	*Pelophylax perezi*	x										2	1, 2, 3
FISHES	*Anguilla anguilla*	x							2	2	3		1, 5, 7, 8, 9
FISHES	*Gasterosteus gymnurus*	x							1		2		1, 4, 5
FISHES	*Luciobarbus bocagei*	x							2	2	3		1, 5, 6, 7, 8, 9
FISHES	*Salmo trutta trutta*	x							2	2	3		1, 4, 5, 6, 7, 8, 9
MAMMALS	*Genetta genetta*	x										1	1, 12
REPTILES	*Podarcis bocagei*	x										2	1, 2, 3
REPTILES	*Podarcis hispanica*	x										2	1, 2, 3

References for other targets (e.g., zooplankton, fish larvae, bentonic macroinvertebrates)

Vieira, L.R., Guilhermino, L. & Morgado, F. (2015). Zooplankton structure and dynamics in two estuaries from the Atlantic coast in relation to multi-stressors exposure. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 167: 347-367.
Mendes, C., Ramos, S. & Bordalo, A.A. (2014). Feeding ecology of juvenile flounder Platichthys flesus in an estuarine nursery habitat: Influence of prey–predator interactions. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 461: 458-468.
Sampaio, E. & Rodil, I.F. (2014). Effects of the invasive clam Corbicula fluminea (Müller, 1774) on a representative macrobenthic community from two estuaries at different stages of invasion. Limnetica, 33(2): 249-262.
Azevedo, I., Ramos, S., Mucha, A. & Bordalo, A.A. (2013). Applicability of ecological assessment tools for management decision-making: A case study from the Lima estuary (NW Portugal). Ocean & Coastal Management, 72: 54-63.
Ramos, S., Ré, P. & Bordalo, A.A. (2010). Recruitment of flatfish species to an estuarine nursery habitat (Lima estuary, NW Iberian Peninsula). Journal of Sea Research, 64(4): 473-486.
Costa-Dias, S., Sousa, R. & Antunes, C. (2010). Ecological quality assessment of the lower Lima Estuary. Marine Pollution Bulletin, 61: 234-239.
Ramos, S., Ré, P. & Bordalo, A.A. (2009). New insights into the early life ecology of Sardina pilchardus (Walbaum, 1792) in the northern Iberian Atlantic. Scientia Marina, 73: 449-459.
Ramos, S., Ré, P. & Bordalo, A.A. (2009). Environmental control on early life stages of flatfishes in the Lima Estuary (NW Portugal). Estuarine, Coastal and Shelf Science, 83(2): 252-264.
Guerra, C., Cobo, F., González, M. & Alonso, J. (2007). Stability and resilience in macrobenthic communities: the role of habitat disturbance. WIT Transactions on Ecology and the Environment, 106: 215-223.
Maia, H.M.S., Maia, C.F.Q., Pires, D.F.C. & Valente, A.C.N. (2006). Biology of the iberian chub (Squalius carolitertii) in an atlantic-type stream (river Lima basin-north Portugal). A preliminary approach. Limnetica, 25: 713-731.
Ramos, S., Cowen, R.K., Paris, C., Ré, P. & Bordalo, A.A: (2006). Environmental forcing and larval fish assemblage dynamics in the Lima River estuary (northwest Portugal). Journal of Plankton Research, 28(3): 275-286.
Maia, C.F.Q. & Valiente, C.N. (1999).The brown trout Salmo trutta L. populations in the river Lima catchment. Limnetica, 17(1): 119-126.
Ramos, S., Paris, C.B. & Angélico, M.M. (2017). Larval fish dispersal along an estuarine–ocean gradient. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 1: 1462-1473.
Sousa, R., Dias, S. & Antunes, C. (2007). Subtidal macrobenthic structure in the lower Lima estuary, NW of Iberian Peninsula. Annales Zoologici Fennici, 44(4): 303-313.
Sousa, R., Dias, S. & Antunes, J.C. (2006). Spatial Subtidal Macrobenthic Distribution in Relation to Abiotic Conditions in the Lima Estuary, NW of Portugal. Hydrobiologia, 559: 135-148.

Only one reference was found regarding historical data on environmental parameters for Serra de Montemuro, while, for Rio Lima, 13 references were found that reported data about several different parameters related to water quality, such as nitrates and endocrine-disrupting chemicals (Table III.3).

Table III.3 – Environmental monitoring/research carried out in Rio Lima and Serra de Montemuro.

#	Site	Category	Reference
1	Rio Lima	Water quality	Baeta, A., Vieira, L.R., Lírio, A.V., Canhoto, C., Marques, J.C. & Guilhermino, L. (2017). Use of stable isotope ratios of fish larvae as indicators to assess diets and patterns of anthropogenic nitrogen pollution in estuarine ecosystems. Ecological Indicators, 83: 112-121.
2	Rio Lima	Water quality	Santos, L.H.M.L.M., Ramalhosa, M.J., Ferreira, M. & Delerue-Matos, C. (2016). Development of a modified acetonitrile-based extraction procedure followed by ultra-high performance liquid chromatography–tandem mass spectrometry for the analysis of psychiatric drugs in sediments. Journal of Chromatography A, 1437: 37-48.
3	Rio Lima	Water quality	Ramos, S., Cabral, H. & Elliott, M. (2015). Do fish larvae have advantages over adults and other components for assessing estuarine ecological quality?. Ecological Indicators, 55: 74-85.
4	Rio Lima	Water quality	Rocha, M.J., Cruzeiro, C., Peixoto, C. & Rocha, E. (2014). Annual fluctuations of endocrine-disrupting compounds at the lower end of the Lima River, Portugal, and in adjacent coastal waters. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 67(3): 389-401.
5	Rio Lima	Water quality	Paíga, P., Santos, L.H., Amorim, C.G., Araújo, A.N., Montenegro, M.C., Pena, A. & Delerue-Matos, C. (2013). Pilot monitoring study of ibuprofen in surface waters of north of Portugal. Environmental Science and Pollution Research, 20(4): 2410-2420.
6	Rio Lima	Water quality	Azevedo, I., Ramos, S., Mucha, A.P. & Bordalo, A.A. (2013). Applicability of ecological assessment tools for management decision-making: A case study from the Lima estuary (NW Portugal). Ocean & Coastal Management, 72: 54-63.
7	Rio Lima	Water quality	Almeida, C.M.R., Mucha, A.P. & Vasconcelos, M.T. (2011). Role of different salt marsh plants on metal retention in an urban estuary (Lima estuary, NW Portugal). Estuarine, Coastal and Shelf Science, 91(2): 243-249.
8	Rio Lima	Water quality	Ramos, S., Ré, P. & Bordalo, A.A. (2009). Environmental control on early life stages of flatfishes in the Lima Estuary (NW Portugal). Estuarine, Coastal and Shelf Science, 83(2): 252-264.
9	Rio Lima	Water quality	Cortes, R.M.V., Ferreira, M.T., Oliveira, S.V. & Oliveira, D. (2002). Macroinvertebrate community structure in a regulated river segment with different flow conditions. River Research and Applications, 18: 367-382.
10	Rio Lima	Water quality	Gonçalves, C., Teixeira, C., Basto, M.C.P. & Almeida, C.M.R. (2016). PAHs levels in Portuguese estuaries and lagoons: Salt marsh plants as potential agents for the containment of PAHs contamination in sediments. Regional Studies in Marine Science, 7: 211-221.

11	Rio Lima	Water quality	Sousa, R., Dias, S. & Antunes, C. (2007). Subtidal macrobenthic structure in the lower Lima estuary, NW of Iberian Peninsula. Annales Zoologici Fennici, 44(4): 303-313.
12	Rio Lima	Water quality	Sousa, R., Dias, S. & Antunes, J.C. (2006). Spatial Subtidal Macrobenthic Distribution in Relation to Abiotic Conditions in the Lima Estuary, NW of Portugal. Hydrobiologia, 559: 135-148.
13	Rio Lima	Water quality	SNIRH (no date). Anuário de qualidade da água superficial. Retrieved on March 23, 2018, from: https://snirh.apambiente.pt/index.php?idMain=2&idItem=1
14	Serra de Montemuro	Water quality	SNIRH (no date). Anuário de qualidade da água superficial. Retrieved on March 23, 2018, from: https://snirh.apambiente.pt/index.php?idMain=2&idItem=1

Given this context it, it was decided to develop (or adapt from previous literature, when possible) citizen science protocols to monitor five distinct targets (Table III.4) due to different reasons.

Table III.4 – Summary of the five citizen science activities developed in the context of the current PhD thesis, including their main target, the tasks citizens must execute, the target audience, and the expected data to be obtained from their application.

#	Target	Task	Audience	Data obtained
1	Chiroptera	Counting bats in summer roosts	General public	Abundance, distribution, reproductive success
2	European otter (*Lutra lutra*)	Looking for tracks and feces in a defined transect	General public	Abundance, distribution, habitat preferences
3	Soil	Evaluate many physical, chemical and biological parameters	General public and schools	Soil quality assessment and mapping
4	River litter	Collect, quantify and assort trash deposited in riverbanks	General public and schools	Characterization of Portuguese river litter
5	Freshwater fish	Deploy underwater cameras and analyze footage	Schools	Relative abundance, distribution

Chiroptera roosts were chosen as these taxa were highly represented in Serra de Montemuro (including threatened species) and there was quantitative data available to compare with future citizen-derived data. Also, there are similar citizen science projects

that ran successfully. Likewise, freshwater fish populations were selected for monitoring because this group was highly represented in Rio Lima (including threatened species) and there were some quantitative data available to compare with future citizen-derived data. In addition, a somewhat recent study demonstrated that aquatic cameras can be a feasible alternative to electric fishing for monitoring freshwater fish (Ellender et al., 2012), which have great potential to be implemented in a citizen science context due to their low cost and user-friendly characteristics. Although the clues in the literature suggest soil quality might be compromised at some Natura 2000 sites (Orgiazzi et al., 2016; ECA, 2017; EEA, 2020) and despite of its ecological relevance (Orgiazzi et al., 2016), there is a scarcity of monitoring data concerning this target. Hence, soil quality was also picked as a target for this project. River litter was elected for similar reasons: its ecological relevance and data scarcity. Lastly, the populations of European otter (*Lutra lutra*) were also targeted. The reasoning behind this choice was based on the fact that this species was present on both sites and because it was thought that this animal's charisma could drive public engagement in this citizen science project. The five developed protocols can be found in supplementary material III. For each protocol, there were two versions that slightly differed in the language used: one for the general public and another one for children. The versions present in the supplementary material correspond to the ones aimed at the general public, nonetheless both are available in the project website.

III-2. The Citizen Science project

In January 2019, the Natura + citizen science project was launched. The project had its own website[1] (Figure III.1) as well as Facebook[2], Instagram[3], and YouTube[4] accounts, which were updated regularly. In order to disseminate the project, emails were sent to public school clusters in the country encompassing middle schools and some presential events were also held (Table III.5). Besides, some institutions involved in this project also helped in the dissemination through their online channels. Overall, more than 1 000 people were somehow engaged in this citizen science project: 136 contributed with results through the online forms, 336 attended presential events, 518 followed the project on Facebook, 317 were accompanying Natura + on Instagram, and 33 followed the YouTube channel.

[1] Old URL: https://natura-mais.com; current URL: https://naturamaispt.wixsite.com/natura-mais
[2] https://www.facebook.com/anaturamais/
[3] https://www.instagram.com/anaturamais/
[4] https://www.youtube.com/channel/UCkJbXtrcYyENgEC20m1nGHQ

The activity focusing on soil was the most successful one: 290 people participated in this citizen science activity, collectively analyzing 61 soil samples. The activity targeting the European otter (*Lutra lutra*) engaged 16 citizens on the monitoring of three transects. None of the other activities received result submissions from the public. The low adherence to these other activities is likely a consequence of two factors: (1) the general public is harder to reach and engage than schools and (2) the soil activity was the only one that did not require to take the class outside of the school perimeter, which is a known limitation of many schools in Portugal. Given this scenario, the following research efforts were focused on the soil activity.

Figure III.1 – Example of the content available on the website of the citizen science project "Natura +".

The costs associated with implementing each citizen science activity were negligible, except for the one focusing on fish taxa: acquiring aquatic cameras and equipping them to be easily and efficiently deployed costed around 150 €. Besides, maintaining the website online for one year amounted to 91.63 €.

Table III.5 – Summary of the presential events held to disseminate the citizen science project "Natura +".

Date	Duration	Location	Target audience	Purpose of the event	Number of participants
04/04/2019 to 05/04/2019	1 + 1/2 day	Escola Dr. Ramiro Salgado (Bragança)	Students (3rd, 4th, 7th, and 8th grade)	Implementation of a citizen science activity	44
26/04/2019	30min.	Pavilhão do Conhecimento (Lisbon)	Teachers	Natura + presentation	100
04/05/2019	2h30min.	Casa da Cultura de Vizela (Braga)	General public	Implementation of a citizen science activity	7

17/05/2019	30min.	Faculty of Sciences – University of Porto	University students	Natura + presentation	8
17/05/2019	1h20min.	Faculty of Sciences – University of Porto	General public University students	Natura + presentation	9
26/05/2019	1h20min.	Faculty of Sciences – University of Porto	General public University students	Natura + presentation	3
01/06/2019	1h20min.	Faculty of Sciences – University of Porto	General public University students	Natura + presentation	1
05/06/2019	1h30min.	Valongo – Natura 2000 site	School community (preschool and primary school plus their families)	Natura + presentation	40
08/06/2019	4h	Valongo – Natura 2000 site	5th and 6th grade students	Implementation of a citizen science activity	22
05/07/2019	5h	GreenUPorto (U. Júnior)	5th, 6th, and 7th grade students	Implementation of a citizen science activity	27
06/07/2019	5h	Pateira de Fermentelos	University students	Implementation of a citizen science activity	11
12/07/2019	5h	GreenUPorto (U. Júnior)	5th, 6th, and 7th grade students	Implementation of a citizen science activity	26
19/07/2019	5h	GreenUPorto (U. Júnior)	5th, 6th, and 7th grade students	Implementation of a citizen science activity	25
26/07/2019	5h	GreenUPorto (U. Júnior)	5th, 6th, and 7th grade students	Implementation of a citizen science activity	13

III-3. References

ECA – European Court of Auditors (2017). More efforts needed to implement the Natura 2000 network to its full potential. Special Report. Luxembourg: Publications Office of the European Union. doi:10.2865/217308

EEA – European Environment Agency (2020). State of nature in the EU. Results from reporting under the nature directives 2013-2018. EEA Report No 10/2020. Luxembourg: Publications Office of the European Union. doi:10.2800/088178

Ellender, B.R., Becker, A., Weyl, O.L.F. & Swartz, E.R. (2012). Underwater video analysis as a non-destructive alternative to electrofishing for sampling imperilled

headwater stream fishes. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, 22: 58-65. doi:10.1002/aqc.1236

ICNF – Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas (2015). Standard data forms: Rio Lima - PTCON0020. Retrieved on April 1st, 2018, from: https://natura2000.eea.europa.eu/Natura2000/SDF.aspx?site=PTCON0020

Orgiazzi, A., Bardgett, R.D., Barrios, E., Behan-Pelletier, V., Briones, M.J.I., Chotte, J-L., De Deyn, G.B., Eggleton, P., Fierer, N., Fraser, T., Hedlund, K., Jeffery, S., Johnson, N.C., Jones, A., Kandeler, E., Kaneko, N., Lavelle, P., Lemanceau, P., Miko, L., Montanarella, L., Moreira, F.M.S., Ramirez, K.S., Scheu, S., Singh, B.K., Six, J., van der Putten, W.H. & Wall, D.H. (Eds.) (2016). Global soil biodiversity atlas. Luxemburg: European Commission, Publications Office of the European Union. doi:10.2788/2613

III-4. Supplementary material III

NATURA +

A Natura + é um projeto que pretende dar ao público a **oportunidade de se colocar na pele de um cientista** para **explorar a vida selvagem** de Portugal.

Quantos morcegos nasceram nesta colónia? Será que existem lontras neste rio?

Descubra você mesmo!

As questões anteriores (e muitas mais!) **podem ser investigadas por qualquer cidadão curioso**, com recurso aos materiais disponibilizados pelo projeto Natura +. Ao todo são cinco as temáticas abordadas: peixes, lontras, morcegos, qualidade do solo e poluição por resíduos sólidos. Pode consultar as restantes atividades em: https://www.natura-mais.com/atividades

Ao realizar qualquer uma das nossas atividades, está a **recolher dados valiosos** que permitirão tirar conclusões acerca do estado de conservação da biodiversidade e a evolução dos seus principais fatores de ameaça em Portugal. Por isso, é muito importante que **partilhe os seus resultados connosco** através da seguinte hiperligação: https://www.natura-mais.com/partilhar-resultados

Faça parte deste projeto. A Natureza agradece e nós também!

REDE NATURA 2000

A Natura 2000 é uma **rede de áreas protegidas** gerida de forma coordenada pela Comissão Europeia e os Estados Membros. Atualmente, ela engloba mais de 27 000 áreas protegidas, que ocupam cerca de 18% da área terrestre da União Europeia (UE) mais 6% da sua área marinha.

A Rede Natura 2000 é a principal estratégia da UE para **combater o problema da perda de biodiversidade**, que está a ocorrer a um ritmo alarmante. Através dela, a UE pretende garantir a preservação a longo-prazo de todas as espécies e *habitats* de interesse Europeu. Para isso, os Estados Membros comprometeram-se a tomar as medidas necessárias para manter ou recuperar o bom estado de conservação dos sítios Natura 2000 e a monitorizá-los regularmente. Em **Portugal**, existem **158 áreas protegidas** que integram a Rede Natura 2000. Pode descobrir mais sobre esta rede internacional em: http://natura2000.eea.europa.eu/

Neste contexto, a **Natura +** assume-se como uma **ferramenta útil para monitorizar esta rede**, com o objetivo máximo de contribuir para o sucesso desta iniciativa de conservação.

Se visitar algum dos sítios da Rede Natura 2000, faça uma das nossas atividades.

Promotores:

Financiamento:

INTRODUÇÃO

Os morcegos são mamíferos que têm os ossos dos dedos das patas anteriores adaptados para suportar as membranas alares. Estes **animais voadores** são geralmente **noturnos** e orientam-se por **ecolocalização**. Ou seja, eles emitem ultrassons – sinais sonoros inaudíveis aos seres humanos – e utilizam o eco resultante para determinar a posição de objetos, plantas e animais! Atualmente, sabe-se que existem, em Portugal, 28 espécies de morcegos. Estes são organismos muito importantes para o bem-estar humano, pois, ao alimentarem-se de insetos, ajudam a controlar as populações de pragas agrícolas.

Morfologia e tamanho

Os morcegos que ocorrem em Portugal têm tamanhos muito variados. O morcego-anão (*Pipistrellus pipistrellus*) é considerada a espécie mais pequena que existe em território europeu. Quando adultos, estes animais medem cerca de 4 cm de comprimento e podem pesar apenas 3 gramas. Em contraste, o morcego-arborícola-gigante (*Nyctalus lasiopterus*) é apontado como o maior da Europa. Os indivíduos desta espécie podem atingir os 10 cm de comprimento e pesar quase 80 gramas!

Figura 1 – Comparação entre as dimensões de um morcego do género *Pipistrellus* e uma moeda de 50 cêntimos.

Apesar de terem corpos relativamente pequenos, os morcegos possuem asas bastante grandes. Por exemplo, a envergadura das asas* do morcego-anão varia entre os 18 e 24 cm, enquanto a do morcego-arborícola-gigante se situa entre os 41 e os 46 cm.

Figura 2 – Duas espécies de morcegos que existem em Portugal e que apresentam dimensões bem distintas: A – Morcego-anão (*Pipistrellus pipistrellus*) e B – Morcego-arborícola-gigante (*Nyctalus lasiopterus*).

* **Envergadura das asas:** comprimento medido entre a extremidade de uma asa e a extremidade da outra

Estatuto de conservação

De uma forma geral, os morcegos são um grupo de mamíferos pouco estudado em Portugal, pelo que o estado de conservação nacional de várias espécies é desconhecido. No entanto, sabe-se que pelo menos 14 espécies se encontram ameaçadas no nosso país. Sete dessas espécies estão mesmo criticamente em perigo em Portugal continental e/ou nos arquipélagos, são elas: o morcego-rato-pequeno (*Myotis*

Figura 3 – Colónia de morcegos-dos-Açores (*Nyctalus azoreum*), na cavidade do tronco de uma árvore.

Figura 4 – Caixa-abrigo para morcegos: estrutura artificial, que alguns morcegos usam como abrigo.

Figura 5 – Morcego-rabudo (*Tadarida teniotis*) abrigado numa fenda entre duas vigas de madeira.

Figura 6 – Cria de morcego-de-água (*Myotis daubentonii*).

blythii), o morcego-dos-Açores (*Nyctalus azoreum*), o morcego-arborícola-pequeno (*Nyctalus leisleri*), o morcego-de-ferradura-mediterrânico (*Rhinolophus euryale*), o morcego-de-ferradura-mourisco (*Rhinolophus mehelyi*), o morcego-da-Madeira (*Pipistrellus maderensis*) e o morcego-orelhudo-cinzento (*Plecotus austriacus*).

Habitats

Diferentes espécies de morcegos têm diferentes preferências relativamente às estruturas que escolhem para se abrigar durante o dia. Alguns (ex. morcego-de-ferradura-mourisco) utilizam exclusivamente abrigos subterrâneos, como minas e grutas. Outros, por exemplo o morcego-hortelão (*Eptesicus serotinus*), são frequentemente encontrados em fendas nas paredes e telhados de edifícios. Cavidades em árvores, pontes, fissuras em muros, caixas-abrigo, caves, sótãos e celeiros constituem também abrigos frequentemente utilizados pelos morcegos.

Algumas espécies formam grandes colónias, o que significa que cada abrigo pode conter centenas ou mesmo milhares de indivíduos. Outros encontram-se em pequenas colónias (com apenas algumas dezenas de morcegos) ou não formam colónias de todo, pelo menos durante parte do ano.

Dieta

Quase todos os morcegos existentes em Portugal são exclusivamente insetívoros, alimentando-se de traças, escaravelhos, moscas, entre outros. O morcego-arborícola-gigante é a única exceção, pois apesar de consumir insetos, durante a época de migração das aves, a sua dieta é também composta por pássaros.

Reprodução

De uma forma geral, o acasalamento ocorre entre o mês de setembro e a Primavera, quando os morcegos se encontram nos abrigos de Inverno, onde hibernam. Em meados de abril/maio, as fêmeas partem e juntam-se em abrigos de criação. Num mesmo abrigo podem coexistir morcegos de diferentes espécies. Durante este período, alguns morcegos trocam de abrigo ocasionalmente. As crias nascem entre junho e o início de julho. Quatro semanas após o nascimento, a maioria dos morcegos é já capaz de voar. Em agosto, as fêmeas e as crias começam a dispersar, para ocuparem os abrigos de Inverno. Geralmente, nasce apenas uma cria por ninhada e cada fêmea tem só uma ninhada a cada ano.

Ameaças

As principais ameaças que os morcegos enfrentam em Portugal são:

- O uso excessivo de pesticidas, que diminui a diversidade de presas e pode conduzir à exposição indireta dos morcegos a estes tóxicos;
- A diminuição das áreas de floresta nativa, o que leva à redução das zonas de alimentação e abrigo;
- A destruição e perturbação dos abrigos subterrâneos (ex. minas, grutas);
- A degradação, alteração ou recuperação descuidada de edifícios, que pode resultar na destruição de colónias inteiras;
- A morte direta por atropelamento (espécies com voo baixo) ou por colisão com aerogeradores (espécies com voo alto).

Figura 7 – Abrigo subterrâneo onde um morcego-de-ferradura-pequeno (*Rhinolophus hipposideros*) se encontra pendurado no teto.

Figura 8 – Colónia de morcegos-lanudos (*Myotis emarginatus*) no sótão de um edifício.

Você pode ajudar!

Na atividade "Criaturas da noite" irá recolher dados sobre a abundância dos morcegos nos seus abrigos de criação. Ao partilhar os seus resultados connosco, estará a contribuir para que possamos conhecer melhor estes mamíferos noturnos. Quanto melhor os conhecermos, melhor os conseguiremos proteger! Toda a informação recebida será analisada pela equipa do projeto Natura +, para mapear a distribuição das colónias de criação no nosso país e para monitorizar o sucesso reprodutivo das várias espécies.

PLANEAMENTO

Onde e quando realizar esta atividade?

A atividade "Criaturas da noite" pode ser realizada em **todo o território nacional**, entre os meses de **maio e julho**. Em maio, deverá começar a procurar uma, ou mais, colónias de criação que queira monitorizar. Entre dia 1 e 22 de junho, deverá realizar a primeira contagem do número de morcegos que entram e saem da colónia. Nesta altura, algumas crias já terão nascido, mas ainda não conseguem voar, por isso não serão contabilizadas. Entre 18 e 30 de julho, deverá realizar a segunda contagem. Nesta altura, várias crias já serão capazes de voar e também abandonarão o abrigo. Desta forma, irá ter uma ideia do número de crias que nasceram na colónia que monitorizou!

Figura 9 – Entrada de uma colónia de criação, situada num edifício.

Não realize as contagens se estiver a chover muito ou se o vento for forte, pois, com essas condições atmosféricas, os morcegos não saem do abrigo!

Material necessário

Para esta atividade, vai precisar de levar consigo:

- Um **dispositivo móvel com GPS*** (ex. telemóvel), para registar a localização exata da colónia de criação que encontrou. Se não tiver nenhum, pode utilizar um computador para aceder ao Google Maps mais tarde e assim obter as coordenadas geográficas do local (figura 10);
- O **guia para a identificação dos morcegos de Portugal** (pág. 13-19), para conseguir identificar corretamente as espécies de morcego presentes na colónia;
- O **caderno de campo** (pág. 8-12) e um **lápis**, para registar as suas observações;
- Uma **máquina fotográfica**, para documentar o local onde se encontra a colónia.

Opcionalmente, poderá também levar:

- Uns **binóculos**, para observar mais de perto os morcegos e conseguir identificar melhor a que espécie(s) pertencem;
- Um **detetor de ultrassons de morcegos**, para identificar com ainda mais certeza a(s) espécie(s) presente(s) na colónia que vai monitorizar.

Figura 10 – Obtenção de coordenas GPS através do Google Maps. O primeiro valor que se encontra rodeado a vermelho em ambas estas figuras corresponde à latitude e o segundo à longitude. 10-A: Num dispositivo móvel, aceda à aplicação Google Maps e toque com o indicador no mapa, o mais próximo possível da sua localização atual, para criar um alfinete. Irá aparecer uma caixa com o nome do local e a morada. As coordenadas GPS aparecerão numa barra no topo do ecrã. 10-B: No *website*, procure o seu local de estudo no mapa e clique sob este com o botão direito do rato. Irá aparecer uma caixa com o nome do local, o código postal e as coordenadas GPS.

Precauções a tomar

- ⚠ Não realize esta atividade sozinho;
- ⚠ Certifique-se que pode aceder ao local de estudo, em segurança, através de sítios públicos. Se o local não for público, assegure-se que tem permissão dos proprietários para o frequentar;
- ⚠ Não perturbe as colónias de morcegos;
  - Durante as contagens, não se posicione muito perto da colónia nem aponte lanternas diretamente para a entrada do abrigo.
- ⚠ Apesar de serem situações muito raras, os morcegos podem transmitir doenças aos humanos. Por isso:
  - Não toque com as mãos em acumulações de guano (fezes) ou de urina de morcego;
  - Não mexa em morcegos. Se encontrar algum morto, calce umas luvas descartáveis antes de lhe tocar.
- ⚠ Se vir um morcego ferido, não o tente apanhar. Ligue para a linha SOS Ambiente (808 200 520), para que possa ser reencaminhado para um Centro de Recuperação de Animais Selvagens.

CADERNO DE CAMPO

Parte A | Localizar uma colónia de criação

É ao fim da tarde que muitos morcegos começam a abandonar as suas colónias para se alimentarem. Por isso, comece por procurar em zonas onde tenha visto vários morcegos a voar ao fim da tarde e tente perceber de onde é que eles vêm. É frequente encontrar guano por baixo de entradas de colónias. Por vezes, são também visíveis manchas na parede abaixo das entradas, que são causadas pela urina destes animais. Sabe que encontrou uma colónia quando vir um ou mais morcegos a abandonar o local ao fim da tarde ou ao início da noite!

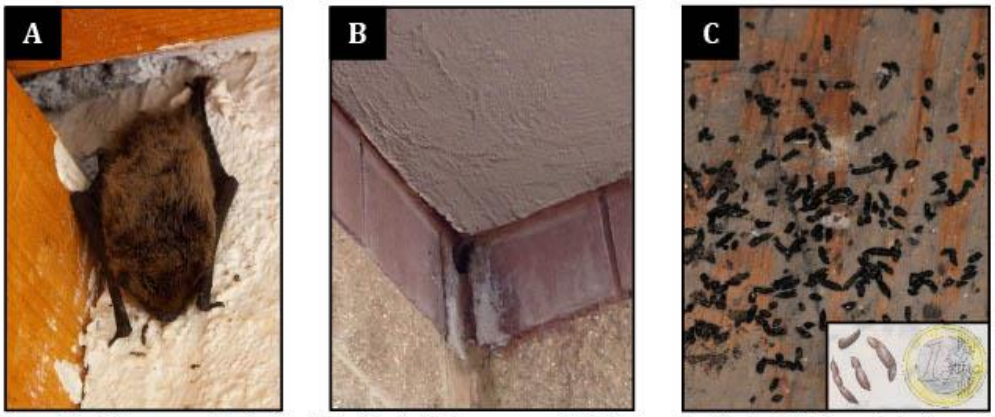


Figura 11 – Pistas para a deteção de colónias de criação de morcegos. 11-A: Morcego-de-bigodes (*Myotis mystacinus*) parado junto à entrada do abrigo, 11-B: Parede visivelmente descolorada abaixo da entrada do abrigo, 11-C: Guano no chão, perto da entrada da colónia. A forma e tamanho do guano variam de acordo com a espécie de morcego. No entanto, de uma maneira geral, este apresenta uma forma e cor similares à da figura 11-C e o seu comprimento pode variar entre 6 e 15 mm. As fezes de rato são muito similares às de morcego, contudo existe uma forma simples de as distinguir: quando esmagado, o guano desfaz-se facilmente e transforma-se num pó; enquanto as fezes de rato são moles e viscosas.

Quando encontrar uma colónia,
está pronto(a) para realizar as próximas partes desta atividade!

Parte B | Descrição do abrigo e sua localização

1. **Onde se encontra a colónia de criação que vai monitorizar?**

Área protegida da Rede Natura 2000:	

Pode consultar um mapa com todos os sítios da Rede Natura 2000 neste site: http://natura2000.eea.europa.eu/. Se a atividade não se realizar em nenhum sítio da Rede Natura 2000, escreva "Não se aplica"

Freguesia:	

	Latitude	Longitude
Coordenadas GPS do local:		

2. Fotografe a entrada do abrigo e também a estrutura onde a colónia se encontra instalada (ex. edifício, ponte, árvore);

	Designação do ficheiro
Abrigo	
Estrutura de suporte	

3. Como se caracteriza o local em termos de presença humana?

◯ Zona urbana ◯ Zona suburbana ◯ Zona rural

4. Qual das seguintes opções descreve melhor a área em redor da colónia?

◯ Campo agrícola ◯ Jardim ◯ Campo não cultivado/Pastagem
◯ Zona residencial ◯ Floresta ◯ Plantação florestal (ex. eucaliptal)
◯ Zona industrial ◯ Outra: _____

5. Em que tipo de estrutura se encontra a colónia?

◯ Casa abandonada ◯ Casa habitada ◯ Edifício público ◯ Ponte
◯ Caixa-abrigo ◯ Árvore ◯ Muro ◯ Outra:_____

6. Quantas entradas visíveis tem o abrigo? ☐

Parte C | Contagem e identificação de morcegos

1. Visite a colónia que descreveu na Parte B aproximadamente 30 minutos antes do pôr do sol;
2. Posicione-se num local onde tenha uma boa visibilidade para a entrada do abrigo, mas que seja afastado o suficiente para não perturbar os morcegos;
   NOTA: se o abrigo tiver mais que uma entrada, cada uma delas deve ser monitorizada por uma pessoa.
3. Durante cada contagem, registe a informação solicitada nos formulários abaixo;
4. As contagens devem terminar quando uma das seguintes condições se verificar:
   - Durante 10 minutos mais nenhum morcego saiu do abrigo;
   - Mau tempo (e.g. chuva intensa, vento forte);
   - Falta de visibilidade devido ao escurecer do dia;
   - Comportamento confuso: muitos morcegos a entrar e a sair.

Contagem nº 1 [1 a 22 de junho de 2019]

Data: ___/___/_____ Hora de início: __:__h Hora de fim:__:__h

Número de participantes*: ..... * Nº de pessoas que contribuíram diretamente para os resultados registados neste caderno de campo.

1. Está a chover hoje?
   ○ Sim ○ Não
2. Quão ventoso está o dia?

   ○ ○ ○ ○
3. Qual a temperatura do ar à hora de início da contagem? ☐
   (Consulte a temperatura da localidade onde se encontra num qualquer *website* ou APP de meteorologia)
4. Registe o número de entradas e saídas nesta tabela:

Nº de indivíduos que saíram do abrigo	Nº de indivíduos que entraram no abrigo

5. A que horas viu o primeiro morcego sair do abrigo? ____:____h
6. Porque é que terminou a contagem?
   ○ Durante 10 minutos mais nenhum morcego saiu ○ Mau tempo
   ○ Comportamento confuso (muitas entradas/saídas) ○ Falta de visibilidade
7. Como identificou a(s) espécie(s) presentes no abrigo?
   (Assinale todas as opções que se aplicam)
   ○ Morcego(s) morto(s) nas imediações * ○ Detetor de ultrassons
   ○ Observação dos morcegos de perto ○ Observação dos morcegos em voo
   ○ Não consegui identificar nenhum morcego

   * Se encontrou um morcego morto, tire-lhe uma foto para depois nos enviar!
8. A que espécie(s) pertenciam os morcegos que se encontravam no abrigo?
   (Assinale todas as opções que se aplicam. Se não conseguiu identificar os morcegos, ignore esta questão)
   ○ *Pipistrellus* spp. ○ Morcego-de-água ○ Morcegos-orelhudos
   ○ Morcegos-de-ferradura ○ Morcegos-hortelões ○ Morcegos-arborícolas
   ○ Morcego-de-peluche ○ Morcegos-rato ○ Morcego-rabudo
   ○ Morcego-de-bigodes ○ Morcego-de-Savi ○ Morcego-negro
   ○ Morcego-de-Bechstein ○ *Myotis nattereri*, *Myotis escalerai* & *Myotis emarginatus*

Contagem nº 2 [18 a 30 de julho de 2019]

Data: ___/___/_____ Hora de início: ___:___h Hora de fim:___:___h

Número de participantes*: ..... * Nº de pessoas que contribuíram diretamente para os resultados registados neste caderno de campo.

1. Está a chover hoje?
   ○ Sim ○ Não
2. Quão ventoso está o dia?

3. Qual a temperatura do ar à hora de início da contagem? ☐
   (Consulte a temperatura da localidade onde se encontra num qualquer *website* ou APP de meteorologia)
4. Registe o número de entradas e saídas nesta tabela:

Nº de indivíduos que saíram do abrigo	Nº de indivíduos que entraram no abrigo

5. A que horas viu o primeiro morcego sair do abrigo? ____:____h
6. Porque é que terminou a contagem?
   ○ Durante 10 minutos mais nenhum morcego saiu ○ Mau tempo
   ○ Comportamento confuso (muitas entradas/saídas) ○ Falta de visibilidade
7. Como identificou a(s) espécie(s) presentes no abrigo?
   (Assinale todas as opções que se aplicam)
   ○ Morcego(s) morto(s) nas imediações * ○ Detetor de ultrassons
   ○ Observação dos morcegos de perto ○ Observação dos morcegos em voo
   ○ Não consegui identificar nenhum morcego

   * Se encontrou um morcego morto, tire-lhe uma foto para depois nos enviar!
8. A que espécie(s) pertenciam os morcegos que se encontravam no abrigo?
   (Assinale todas as opções que se aplicam. Se não conseguiu identificar os morcegos, ignore esta questão)
   ○ *Pipistrellus* spp. ○ Morcego-de-água ○ Morcegos-orelhudos
   ○ Morcegos-de-ferradura ○ Morcegos-hortelões ○ Morcegos-arborícolas
   ○ Morcego-de-peluche ○ Morcegos-rato ○ Morcego-rabudo
   ○ Morcego-de-bigodes ○ Morcego-de-Savi ○ Morcego-negro
   ○ Morcego-de-Bechstein ○ *Myotis nattereri, Myotis escalerai* & *Myotis emarginatus*

Parte D | Partilhar os resultados

Obrigada por realizar esta atividade. Esperamos que tenha gostado! Agora, não se esqueça de partilhar os seus resultados connosco. A informação que recolheu é muito importante para conhecermos melhor as populações de morcegos que existem em Portugal. Com a sua ajuda, estaremos um passo mais perto de melhor proteger estas criaturas da noite!

Submeta os seus resultados através da seguinte hiperligação:
https://www.natura-mais.com/partilhar-resultados

Obrigada por participar!

Guia para a identificação dos Morcegos de Portugal

Este guia permite identificar todos os morcegos que ocorrem em Portugal. Ao todo, são 28 as espécies conhecidas no nosso país. Contudo, algumas delas são muito semelhantes e, por isso, difíceis de distinguir para observadores iniciantes. Nestes casos, o guia junta as espécies num único grupo (ex. morcegos-orelhudos, morcegos-arborícolas).

O guia está dividido em três seções:

- **Morcegos mais comuns:** espécies mais abundantes no país e que, por isso, são mais facilmente encontradas;
- **Morcegos pouco abundantes:** espécies menos abundantes que as anteriores, mas que ainda assim têm uma distribuição alargada no continente;
- **Morcegos raros ou de difícil observação**: espécies com uma distribuição muito reduzida no país ou que, devido ao seu comportamento, são muito difíceis de observar.

Para cada espécie ou grupo de espécies, o guia inclui uma breve **descrição do seu aspeto**, o seu **tamanho** (envergadura das asas), o seu **padrão de voo** e as **características dos ultrassons** que emitem (útil para a identificação de morcegos usando um detetor de ultrassons). São também apresentadas várias fotografias de cada morcego e uma ilustração da sua silhueta. Adicionalmente, junto à designação de cada espécie – ou grupo de espécies – podem ser encontrados **quatro símbolos:**

- C : Morcegos que existem em **Portugal continental**;
- M : Morcegos que ocorrem no **Arquipélago da Madeira**;
- A : Morcegos que habitam o **Arquipélago dos Açores**;
- L : Morcegos que se alimentam frequentemente **junto à iluminação pública**.

Finalmente, convém esclarecer a definição de três termos importantes usados para caracterizar o voo destes animais:

- **Mergulhos:** voos picados na direção do solo;
- **Pairar:** permanecer no ar no mesmo lugar, com um bater contínuo de asas, tal como os beija-flor e os helicópteros;
- **Planar:** voar sem bater as asas, aproveitando as correntes de ar.

Morcegos mais comuns

Pipistrellus spp. A C M L

Os morcegos do género *Pipistrellus* que ocorrem em Portugal possuem pelo de cor acastanhada. A tonalidade do focinho e das orelhas varia entre o castanho e o preto. São os morcegos mais comuns nas zonas urbanas. As colónias de criação localizam-se sobretudo em edifícios.

Envergadura das asas: 18 a 24 cm

Ultrassons: estalidos rápidos e altos com uma frequência entre 36-60 kHz. O som é mais forte entre 41-53 kHz e soa mais abafado em frequências mais elevadas.

Voo rápido, ágil e muito agitado
Voam baixo (até 10 m do solo)

Morcego-de-água (*Myotis daubentonii*) C

A presença do morcego-de-água está fortemente associada à existência de massas de água nas proximidades. O pelo do dorso é acastanhado e, no ventre, apresenta tons cinza claros. As colónias de criação encontram-se principalmente em cavidades de árvores e edifícios.

Envergadura das asas: 23 a 28 cm

Ultrassons: sons estridentes e rápidos, semelhantes aos de uma metralhadora, com uma frequência de 25-100 kHz. O som é mais forte entre 45-50 kHz.

Voo rápido, ágil e regular
Voa baixo (até 10 m do solo)
Voa frequentemente junto à superfície da água

Morcegos-orelhudos (*Plecotus* spp.) C M L

Os morcegos-orelhudos que ocorrem no nosso país têm as orelhas muito compridas, podendo estas chegar a medir quase o comprimento do restante corpo. A cor do pelo varia entre o cinzento e o castanho-escuro. As colónias de criação situam-se maioritariamente em edifícios e cavidades de árvores.

Envergadura das asas: 24 a 30 cm

Ultrassons: estalidos duplos, muito baixos, com uma frequência de 25-50 kHz. O som é mais forte entre 18-25 kHz.

Voo lento, agitado e ágil
Voam baixo (até 10 m do solo)
Conseguem pairar

Morcegos-de-ferradura (*Rhinolophus* spp.) C

Os morcegos-de-ferradura que ocorrem em Portugal possuem pelo de cor castanho-acinzentada ou castanho-avermelhada no dorso, com tons mais esbranquiçados na zona ventral. O nariz tem um formato semelhante a uma ferradura. As colónias de criação localizam-se mais frequentemente em grutas, edifícios e palheiros.

Envergadura das asas: 19 a 35 cm

Ultrassons: sons de longa duração, que se tornam mais fortes a frequências entre 78-110 khz.

Voo lento, mas ágil
Voam baixo (até 10 m do solo)
Conseguem planar

Morcegos-hortelões (*Eptesicus* spp.) C

Os morcegos-hortelões que existem em Portugal apresentam as asas largas e a tonalidade do seu pelo varia entre o castanho-escuro e o dourado. O focinho e as orelhas são pretos. As colónias de criação encontram-se sobretudo em edifícios.

Envergadura das asas: 30 a 38 cm

Ultrassons: sons muito altos, semelhantes a um bater de palmas, que são mais fortes a frequências de 23-33 kHz.

Voo lento e irregular, com mergulhos rápidos
Voam baixo (até 10 m do solo)

Morcegos-arborícolas (*Nyctalus* spp.) A C M

Os morcegos-arborícolas que existem em Portugal possuem asas muito compridas e estreitas. O pelo é de cor acastanhada, ao passo que o focinho e as orelhas apresentam tons entre o castanho-escuro e o preto. As colónias de criação situam-se principalmente em cavidades de árvores.

Envergadura das asas: 30 a 46 cm

Ultrassons: sons altos e longos, que variam entre estalidos e um barulho semelhante a "chip chop". O som torna-se mais forte a frequências de 18-27 kHz.

Voo rápido, em linha reta, com mergulhos velozes
Voam alto (10 - 70 m do solo)

Morcegos pouco abundantes

Myotis nattereri, Myotis escalerai & Myotis emarginatus

Estas três espécies do género *Myotis* são muito semelhantes. São morcegos de tamanho médio, com o pelo do dorso acastanhado e o ventre de tons amarelos ou brancos. As colónias de criação encontram-se sobretudo em grutas, minas e cavidades em árvores. Por vezes, fazem rotações antero-posteriores ("saltos mortais") enquanto voam para o abrigo.

Envergadura das asas: 22 a 30 cm

Ultrassons: estalidos curtos, que se iniciam com frequências superiores a 90 kHz. O som é baixo e torna-se mais forte a 30-50 kHz.

Voo lento, mas ágil
Voam baixo (até 10 m do solo)
Conseguem pairar por curtos períodos de tempo

Morcego-de-peluche (*Miniopterus schreibersii*)

O morcego-de-peluche tem orelhas muito pequenas. A coloração dos indivíduos desta espécie varia entre o castanho e o cinzento. As colónias de verão instalam-se preferencialmente em grutas, minas e túneis.

Envergadura das asas: 30 a 34 cm

Ultrassons: estalidos altos, que se tornam mais fortes a frequências de 49-54 kHz. São muito semelhantes aos ultrassons emitidos pelos morcegos do género *Pipistrellus*.

Voo rápido
Voa a média altitude (5 - 20 m do solo)

Morcegos-rato (*Myotis myotis & Myotis blythii*)

Os morcegos-rato que ocorrem em Portugal têm asas bastante largas. O dorso é de tons acastanhados, enquanto a zona ventral é branco-acinzentada. As colónias de criação situam-se sobretudo em grutas.

Envergadura das asas: 30 a 45 cm

Ultrassons: estalidos que se tornam mais fortes a frequências de 26-35 kHz.

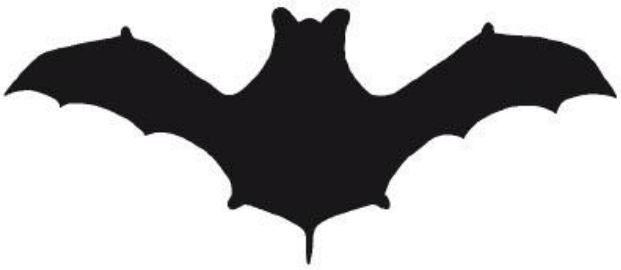
Voo lento
Voam baixo (até 10 m do solo)

Morcego-rabudo (*Tadarida teniotis*)

O morcego-rabudo apresenta uma cauda comprida, que sai para fora da membrana alar. As asas são muito estreitas e compridas. A coloração da pelagem varia entre o preto-acinzentado e o cinzento-claro. As colónias de criação localizam-se principalmente em escarpas.

Envergadura das asas: 40 a 45 cm

Ultrassons: o som é mais forte entre frequências de 9-17 kHz.



Voo rápido, em linha reta
Voa alto (10 - 300 m do solo)

Morcegos raros ou de difícil observação

Morcego-de-bigodes (*Myotis mystacinus*)

O morcego-de-bigodes tem um pelo de tons acastanhados no dorso, enquanto o ventre é cinzento. As colónias de criação instalam-se frequentemente em edifícios. Em Portugal, encontra-se nas zonas montanhosas das regiões norte e centro.

Envergadura das asas: 19 a 23 cm

Ultrassons: som mais forte a uma frequência de cerca de 60 kHz.

Voo rápido, ágil e regular
Voa baixo (até 10 m do solo)

Morcego-de-Savi (*Hypsugo savii*)

O morcego-de-Savi tem o pelo do dorso acastanhado, enquanto o ventre possui tons nitidamente mais esbranquiçados. É muito semelhante aos morcegos do género *Pipistrellus*. As colónias de criação encontram-se maioritariamente em edifícios, pontes, fendas de muros e cavidades em árvores.

Envergadura das asas: 22 a 25 cm

Ultrassons: pulsos longos, mais fortes a frequências de 30-35 kHz.

Voo rápido
Voa alto (> 100 m do solo)

Morcego-negro (*Barbastella barbastellus*)

O morcego-negro tem asas largas e curtas. A sua pelagem, no dorso, apresenta uma coloração preto-acastanhada, sendo o ventre de tons cinzentos. As suas orelhas são curtas e largas, estando viradas para a frente. As colónias de criação situam-se preferencialmente em cavidades de árvores.

Envergadura das asas: 25 a 30 cm

Ultrassons: estalidos curtos, que são mais fortes a frequências de 32-40 kHz.

Voo lento, mas ágil
Voa baixo (até 10 m do solo)

Morcego-de-Bechstein (*Myotis bechsteinii*)

O morcego-de-Bechstein tem orelhas compridas, mas que não se encontram unidas na base, ao contrário do que acontece com os morcegos-orelhudos. As asas são curtas e largas. A pelagem do dorso é vermelho-acastanhada, enquanto o ventre é cinzento. As colónias de criação localizam-se sobretudo em cavidades de árvores.

Envergadura das asas: 25 a 30 cm

Ultrassons: estalidos que se iniciam com frequências entre 90-130 kHz.

Voo lento, agitado e ágil
Voa a baixa e média altitude (até 15 m do solo)

BIBLIOGRAFIA

Acer Ecology (2015). *Bat droppings guide*. Acedido a 18 de outubro de 2018, em https://bit.ly/2QX8esz

Barlow, K.E., Briggs, P.A., Haysom, K.A., Hutson, A.M., Lechiara, N.L., Racey, P.A., Walsh, A.L. & Langton, S.D. (2015). Citizen science reveals trends in bat populations: the national bat monitoring programme in Great Britain. *Biological Conservation*, **182**: 14-26. doi:10.1016/j.biocon.2014.11.022

Bat Conservation Trust (2018). *Roost count instructions*. Acedido a 18 de outubro de 2018, em https://nbmp.bats.org.uk/surveys.aspx

Cabral, M.J. (coord.), Almeida, J., Almeida, P.R., Dellinger, T., Ferrand de Almeida, N., Oliveira, M.E., Palmeirim, J.M., Queiroz, A.I., Rogado, L. & Santos-Reis, M. (eds.) (2005). *Livro vermelho dos vertebrados de Portugal*. Lisboa, Portugal: Instituto da Conservação da Natureza.

Eurobats (sem data). *Protected bat species*. Acedido a 17 de outubro de 2018, em http://www.eurobats.org/about_eurobats/protected_bat_species

García-Ruiz, I., Machado, M., Monsalve, M.Á. & Monrós, J.S. (2017). Phenology of emergence by Mediterranean sympatric cave-dwelling bats during their breeding period. *Acta Chiropterologica*, **19(2)**: 357-365. doi:10.3161/15081109ACC2017.19.2.012

Instituto da Conservação da Natureza e da Biodiversidade (2008). *Tenho morcegos em casa, o que devo fazer? Guia de apoio a situações de coabitação e exclusão de morcegos em edifícios*. Instituto da Conservação da Natureza e da Biodiversidade. Acedido a 22 de outubro de 2018, em http://www2.icnf.pt/portal/pn/biodiversidade/patrinatur/especies/mam/morcegos

International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (2018). *The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2018-1*. Acedido a 18 de outubro de 2018, em www.iucnredlist.org

Krull, D., Schumm, A., Metzner, W. & Neuweiler, G. (1991). Foraging areas and foraging behavior in the notch-eared bat, *Myotis emarginatus* (vespertilionidae). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, **28(4)**: 247-253.

Kunz, T.H., Braun de Torrez, E., Bauer, D., Lobova, T. & Fleming, T.H. (2011). Ecosystem services provided by bats. *Annals of the New York Academy of Sciences*, **1223(1)**: 1-38. doi:10.1111/j.1749-6632.2011.06004.x

Macdonald, D.W. & Barrett, P. (1993). *Mamíferos de Portugal e da Europa*. Portugal: FAPAS & Câmara Municipal do Porto. ISBN 972-95951-5-1

McNeil, J. (2014). *Monitoring bats at roosts in Nova Scotia – protocol for volunteers*. Acedido a 18 de outubro de 2018, em https://bit.ly/2PGnrx2

Rainho, A., Alves, P., Amorim, F. & Marques, J.T. (Coord.) (2013). *Atlas dos morcegos de Portugal continental*. Lisboa, Portugal: Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas. ISBN 978-972-775-226-3

Rainho, A., Marques, J.T. & Palmeirim, J.M. (2002). *Os morcegos dos arquipélagos dos Açores e da Madeira: Um contributo para a sua conservação*. Relatório Técnico Final. Lisboa, Portugal: Centro de Biologia Ambiental / Instituto da Conservação da Natureza.

Wisconsin Department of Natural Resources (sem data). *Wisconsin summer bat colony monitoring*. Acedido a 18 de outubro de 2018, em http://wiatri.net/Inventory/Bats/Volunteer/Roosts/

CRÉDITOS

Figuras numeradas

Figura 1: versão recortada e com ajuste de luminosidade da fotografia original de Maria Luigia, disponibilizada sob a licença CC BY-NC 4.0 em https://www.biodiversity4all.org/photos/8486717

Figura 2-A: fotografia da autoria de Gilles San Martin, disponibilizada sob a licença CC BY-SA 2.0 em https://www.flickr.com/photos/sanmartin/3204039207/

Figura 2-B: recortada da fotografia original de Popa-Lisseanu A.G., Delgado-Huertas A., Forero M.G., Rodríguez A., Arlettaz R. & Ibáñez C., disponibilizada sob a licença CC BY 2.5 em https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nyctalus_lasiopterus01.png

Figura 3 – fotografia da autoria de Jakob Fahr, disponibilizada sob a licença CC BY-NC 4.0 em https://www.biodiversity4all.org/photos/1131906

Figura 4 – recortada da fotografia original de 4028mdk09, tirada em "Wildpark Alte Fasanerie Klein-Auheim", disponibilizada sob a licença CC BY-SA 3.0 em https://bit.ly/2OBcDUw

Figura 5 – fotografia da autoria de Melissa Donnelly, disponibilizada sob a licença CC BY-NC 4.0 em https://www.biodiversity4all.org/photos/7941809

Figura 6 – fotografia da autoria de Gilles San Martin, disponibilizada sob a licença CC BY-SA 3.0 em https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Myotis_daubentoni_young.jpg

Figura 7 – fotografia da autoria de Roberto Toffoli, disponibilizada sob a licença CC BY-NC 4.0 em https://www.biodiversity4all.org/photos/6199991

Figura 8 – fotografia da autoria de Karol Tabarelli de Fatis, disponibilizada sob a licença CC BY-NC 4.0 em https://www.biodiversity4all.org/photos/9043997

Figura 9 – fotografia da autoria de Mermillonc, disponibilizada sob a licença CC BY-NC 4.0 em https://www.biodiversity4all.org/photos/17253737

Figura 10 – mapa da autoria de Google & Instituto Geográfico Nacional

Figura 11-A – fotografia da autoria de Doevos, disponibilizada sob a licença CC BY-NC 2.0 em https://www.flickr.com/photos/doevos/3538813414/

Figura 11-B – fotografia da autoria de Allen, disponibilizada sob a licença CC BY-NC 4.0 em https://www.biodiversity4all.org/photos/2204301

Figura 11-C, fotografia – recortada da fotografia original de Hobiecat, disponibilizada sob a licença CC BY-NC 4.0 em https://www.biodiversity4all.org/photos/13275145

Figura 11-C, ilustração – ilustração cedida por Márcia Venâncio. Todos os diretos reservados.

Figuras não numeradas

Imagem da capa: recortada da fotografia original de Gilles San Martin, disponibilizada sob a licença CC BY-SA 2.0 em https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Myotis_mystacinus_sl_(4482514125).jpg

Silhuetas dos morcegos (pág. 14-19): ilustrações cedidas por Márcia Venâncio. Todos os diretos reservados.

Pág. 14, *Pipistrellus* spp., primeira foto: fotografia da autoria de Gilles San Martin, disponibilizada sob a licença CC BY-SA 2.0 em https://bit.ly/2DaDtg7

Pág. 14, *Pipistrellus* spp., segunda foto: recortada da fotografia original de ktfrogface, disponibilizada sob a licença CC BY-NC 4.0 em https://www.biodiversity4all.org/photos/23738625

Pág. 14, *Pipistrellus* spp., terceira foto: recortada da fotografia original de Barracuda1983, disponibilizada sob a licença CC BY-SA 3.0 em https://bit.ly/2Qbk7dz

Pág. 14, Morcego-de-água, primeira foto: recortada da fotografia original de Mathias D'haen, disponibilizada sob a licença CC BY-NC 4.0 em https://www.biodiversity4all.org/photos/11790327

Pág. 14, Morcego-de-água, segunda foto: recortada da fotografia original de Markus Milchram, disponibilizada sob a licença CC BY-NC 4.0 em https://www.biodiversity4all.org/photos/14846165

Pág. 14, Morcego-de-água, terceira foto: recortada da fotografia original de Gilles San Martin, disponibilizada sob a licença CC BY-SA 2.0 em https://bit.ly/2CQCWi9

Pág. 15, Morcegos-orelhudos, primeira foto: recortada da fotografia original de Jakob Fahr, disponibilizada sob a licença CC BY-NC 4.0 em https://www.biodiversity4all.org/photos/6156977

Pág. 15, Morcegos-orelhudos, segunda foto: fotografia da autoria de Martin Grimm, disponibilizada sob a licença CC BY-NC 4.0 em https://www.biodiversity4all.org/photos/4868569

Pág. 15, Morcegos-orelhudos, terceira foto: fotografia da autoria de Martin Grimm, disponibilizada sob a licença CC BY-NC 4.0 em https://www.biodiversity4all.org/photos/4050832

Pág. 15, Morcegos-de-ferradura, primeira foto: fotografia da autoria de Melissa Donnelly, disponibilizada sob a licença CC BY-NC 4.0 em https://www.biodiversity4all.org/photos/7941743

Pág. 15, Morcegos-de-ferradura, segunda foto: recortada da fotografia original de Julien Renoult, disponibilizada sob a licença CC BY-NC 4.0 em https://www.biodiversity4all.org/photos/24143710

Pág. 15, Morcegos-de-ferradura, terceira foto: recortada da fotografia original de Matthieu Gauvain, disponibilizada sob a licença CC BY-SA 3.0 em https://bit.ly/2PreJG8

Pág. 16, Morcegos-hortelões, primeira foto: fotografia da autoria de Martin Grimm (com ajuste de luminosidade), disponibilizada sob a licença CC BY-NC 4.0 em https://bit.ly/2PkEUOw

Pág. 16, Morcegos-hortelões, segunda foto: fotografia da autoria de Martin Grimm, disponibilizada sob a licença CC BY-NC 4.0 em https://www.biodiversity4all.org/photos/15707600

Pág. 16, Morcegos-hortelões, terceira foto: fotografia da autoria de Martin Grimm, disponibilizada sob a licença CC BY-NC 4.0 em https://www.biodiversity4all.org/photos/6409464

Pág. 16, Morcegos-arborícolas, primeira foto: fotografia da autoria de Wildlife Wanderer, disponibilizada sob a licença CC BY-NC-ND 2.0 em https://bit.ly/2Jkx3es

Pág. 16, Morcegos-arborícolas, segunda foto: recortada da fotografia original de Jakob Fahr, disponibilizada sob a licença CC BY-NC 4.0 em https://www.biodiversity4all.org/photos/1131053

Pág. 16, Morcegos-arborícolas, terceira foto: recortada da fotografia original de Pellinger Attila, disponibilizada sob a licença CC BY 3.0 em https://bit.ly/2PWef7M

Pág. 17, *Myotis nattereri*, *Myotis escalerai* & *Myotis emarginatus*, primeira foto: fotografia da autoria de Martin Grimm, disponibilizada sob a licença CC BY-NC 4.0 em https://bit.ly/2OimEkr

Pág. 17, *Myotis nattereri*, *Myotis escalerai* & *Myotis emarginatus*, segunda foto: recortada da fotografia original de Roberto Toffoli, disponibilizada sob a licença CC BY-NC 4.0 em https://bit.ly/2Rl684Q

Pág. 17, *Myotis nattereri*, *Myotis escalerai* & *Myotis emarginatus*, terceira foto: fotografia da autoria de Martin Grimm, disponibilizada sob a licença CC BY-NC 4.0 em https://bit.ly/2AEQH27

Pág. 17, Morcego-de-peluche, primeira foto: recortada da fotografia original de Clement Coutard, disponibilizada sob a licença CC BY 2.0 em https://bit.ly/2zc6jZ1

Pág. 17, Morcego-de-peluche, segunda foto: fotografia da autoria de C. Robiller (www.naturlichter.de), disponibilizada sob a licença CC BY-SA 3.0 em https://bit.ly/2yEBVXD

Pág. 17, Morcego-de-peluche, terceira foto: fotografia da autoria de Melissa Donnelly, disponibilizada sob a licença CC BY-NC 4.0 em https://www.biodiversity4all.org/photos/7941778

Pág. 18, Morcegos-rato, primeira foto: fotografia da autoria de Martin Grimm, disponibilizada sob a licença CC BY-NC 4.0 em https://www.biodiversity4all.org/photos/2873909

Pág. 18, Morcegos-rato, segunda foto: fotografia da autoria de C. Robiller (www.naturlichter.de), disponibilizada sob a licença CC BY-SA 3.0 em https://bit.ly/2qglufq

Pág. 18, Morcegos-rato, primeira foto: recortada da fotografia original de Roberto Toffoli, disponibilizada sob a licença CC BY-NC 4.0 em https://www.biodiversity4all.org/photos/10837289

Pág. 18, Morcego-rabudo, primeira foto: fotografia da autoria de Melissa Donnelly, disponibilizada sob a licença CC BY-NC 4.0 em https://www.biodiversity4all.org/photos/7941809

Pág. 18, Morcego-rabudo, segunda foto: reorientada e recortada da fotografia original de gsilvia, disponibilizada sob a licença CC BY-NC 4.0 em https://www.biodiversity4all.org/photos/25530549

Pág. 18, Morcego-rabudo, terceira foto: recortada da fotografia original de Emanuel Yellin, disponibilizada sob a licença CC BY 3.0 em https://bit.ly/2JkNcR7

Pág. 19, Morcego-de-bigodes, primeira foto: fotografia da autoria de Gilles San Martin, disponibilizada sob a licença CC BY-SA 2.0 em https://bit.ly/2SCBiGk

Pág. 19, Morcego-de-bigodes, segunda foto: recortada da fotografia original de Gilles San Martin, disponibilizada sob a licença CC BY-SA 2.0 em https://bit.ly/2OgfzAN

Pág. 19, Morcego-de-bigodes, terceira foto: fotografia da autoria de Gilles San Martin, disponibilizada sob a licença CC BY-SA 2.0 em https://www.flickr.com/photos/sanmartin/4482514125/

Pág. 19, Morcego-de-Savi, primeira foto: recortada da fotografia original de Jakob Fahr, disponibilizada sob a licença CC BY-NC 4.0 em https://www.biodiversity4all.org/photos/6156964

Pág. 19, Morcego-de-Savi, segunda foto: recortada da fotografia original de Dino Biancolini, disponibilizada sob a licença CC BY-NC 4.0 em https://www.biodiversity4all.org/photos/3960893

Pág. 19, Morcego-de-Savi, terceira foto: recortada da fotografia original de Jakob Fahr, disponibilizada sob a licença CC BY-NC 4.0 em https://www.biodiversity4all.org/photos/6156944

Pág. 20, Morcego-negro, primeira foto: recortada da fotografia original de Karol Tabarelli de Fatis, disponibilizada sob a licença CC BY-NC 4.0 em https://www.biodiversity4all.org/photos/9107990

Pág. 20, Morcego-negro, segunda foto: fotografia da autoria de Martin Grimm, disponibilizada sob a licença CC BY-NC 4.0 em https://www.biodiversity4all.org/photos/5399779

Pág. 20, Morcego-negro, terceira foto: fotografia da autoria de C. Robiller (Naturlichter.de), disponibilizada sob a licença CC BY-SA 3.0 em https://bit.ly/2D1byir

Pág. 20, Morcego-de-Bechstein, primeira foto: fotografia da autoria de Gilles San Martin, disponibilizada sob a licença CC BY-SA 2.0 em https://bit.ly/2QiMPZO

Pág. 20, Morcego-de-Bechstein, segunda foto: recortada da fotografia da autoria de Gilles San Martin, disponibilizada sob a licença CC BY-SA 2.0 em https://bit.ly/2za5i3F

Pág. 20, Morcego-de-Bechstein, terceira foto: recortada da fotografia da autoria de Dietmar Nill, disponibilizada sob a licença CC BY 2.5 em https://bit.ly/2SstiYm

No rasto das lontras
Natura

NATURA +

A Natura + é um projeto que pretende dar ao público a **oportunidade de se colocar na pele de um cientista** para **explorar a vida selvagem** de Portugal.

Será que existem lontras neste rio? Quantos morcegos nasceram nesta colónia?

Descubra você mesmo!

As questões anteriores (e muitas mais!) **podem ser investigadas por qualquer cidadão curioso**, com recurso aos materiais disponibilizados pelo projeto Natura +. Ao todo são cinco as temáticas abordadas: peixes, lontras, morcegos, qualidade do solo e poluição por resíduos sólidos. Pode consultar as restantes atividades em: https://www.natura-mais.com/atividades

Ao realizar qualquer uma das nossas atividades, está a **recolher dados valiosos** que permitirão tirar conclusões acerca do estado de conservação da biodiversidade e a evolução dos seus principais fatores de ameaça em Portugal. Por isso, é muito importante que **partilhe os seus resultados connosco** através da seguinte hiperligação: https://www.natura-mais.com/partilhar-resultados

Faça parte deste projeto. A Natureza agradece e nós também!

REDE NATURA 2000

A Natura 2000 é uma **rede de áreas protegidas** gerida de forma coordenada pela Comissão Europeia e os Estados Membros. Atualmente, ela engloba mais de 27 000 áreas protegidas, que ocupam cerca de 18% da área terrestre da União Europeia (UE) mais 6% da sua área marinha.

A Rede Natura 2000 é a principal estratégia da UE para **combater o problema da perda de biodiversidade**, que está a ocorrer a um ritmo alarmante. Através dela, a UE pretende garantir a preservação a longo-prazo de todas as espécies e *habitats* de interesse Europeu. Para isso, os Estados Membros comprometeram-se a tomar as medidas necessárias para manter ou recuperar o bom estado de conservação dos sítios Natura 2000 e a monitorizá-los regularmente. Em **Portugal**, existem **158 áreas protegidas** que integram a Rede Natura 2000. Pode descobrir mais sobre esta rede internacional em: http://natura2000.eea.europa.eu/

Neste contexto, a **Natura +** assume-se como uma **ferramenta útil para monitorizar esta rede**, com o objetivo máximo de contribuir para o sucesso desta iniciativa de conservação.

Se visitar algum dos sítios da Rede Natura 2000, faça uma das nossas atividades.

Promotores: cesam universidade de aveiro centro de estudos do ambiente e do mar; ciimar Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental; Produção Agroalimentar Sustentável Centro de Investigação GREENUPORTO; U.PORTO FACULDADE DE CIÊNCIAS UNIVERSIDADE DO PORTO

Financiamento: FCT Fundação para a Ciência e a Tecnologia

INTRODUÇÃO

As lontras são mamíferos carnívoros que, apesar de serem terrestres, estão muito bem adaptados a caçar em meio aquático. Atualmente, são conhecidas 13 espécies diferentes de lontra, mas apenas uma ocorre na Europa: a lontra-europeia (*Lutra lutra*).

A lontra-europeia (*Lutra lutra*)

Morfologia

Os indivíduos desta espécie apresentam uma cauda comprida. A sua pelagem é castanha, com uma mancha esbranquiçada na zona do ventre. Os adultos atingem cerca de 1 metro de comprimento e pesam, em média, 5 a 8 kg.

Figura 1 – Fotografia de lontra-europeia (*Lutra lutra*), onde são bem visíveis as tonalidades características do seu pelo.

Distribuição

A lontra-europeia tem uma ampla distribuição, ocorrendo por toda a Europa, no norte de África e em partes do continente asiático. Em Portugal, está ausente dos arquipélagos, mas é comum em todo o território continental.

Estatuto de conservação

Em Portugal, o seu estatuto de conservação é pouco preocupante. Mas, a nível mundial, esta espécie é considerada quase ameaçada.

Habitats

Esta lontra frequenta uma grande variedade de *habitats* aquáticos, incluindo rios, ribeiras, lagoas, charcos e pântanos. Pode também ser encontrada no mar, se houver nas proximidades água doce. Além disso, tem preferência por locais pouco poluídos, com vegetação abundante nas margens e onde a perturbação humana é reduzida.

Figura 2 – Lontra-europeia (*Lutra lutra*), dentro de água, com uma presa na boca.

Dieta

A sua dieta é constituída maioritariamente por peixes (ex. enguia, carpa, tainha). No entanto, a lontra-europeia também pode capturar grandes quantidades de invertebrados (ex. caranguejos, lagostins) se estes forem abundantes no meio. Ocasionalmente, alimenta-se ainda de aves, pequenos mamíferos, répteis e anfíbios.

Comportamento

Em locais habitados pelo Homem, esta espécie é essencialmente noturna. Assim, durante o dia, a sua presença é mais facilmente detetada através da procura de vestígios, como pegadas e excrementos.

Longevidade

Embora em cativeiro estas lontras possam viver até 15 anos, no seu *habitat* natural a sua longevidade média é de apenas 3 a 4 anos.

Figura 3 – Fotografia de lontra-europeia (*Lutra lutra*) captada durante a noite com câmaras equipadas com infravermelhos.

Ameaças

As principais ameaças que a lontra-europeia enfrenta em Portugal estão relacionadas com a alteração e destruição dos seus *habitats*. Isto engloba a poluição de massas de água (ex. utilização de pesticidas na agricultura), a destruição da vegetação das margens (ex. atividades de limpeza), entre outras. O atropelamento, o afogamento em redes de pesca e a perseguição direta pelo Homem constituem também uma ameaça para esta espécie.

Você pode ajudar!

Na atividade "No rasto das lontras", irá recolher dados sobre os *habitats* utilizados pela lontra-europeia em Portugal. Ao partilhar os seus resultados connosco, estará a contribuir para que possamos conhecer melhor esta espécie. Quanto melhor a conhecermos, melhor a conseguiremos proteger! Toda a informação recebida será analisada pela equipa do projeto Natura +, para perceber quais os *habitats* preferidos pela lontra e quais as regiões onde é mais abundante no nosso país.

Figura 4 – Estrada com sinalização para alertar os condutores para a possível passagem de lontras (Ilha de Berneray, Reino Unido).

PLANEAMENTO

Onde e quando realizar esta atividade?

A atividade "No rasto das lontras" pode ser realizada em qualquer altura do ano, mas os melhores resultados obtêm-se quando é feita entre os meses de maio e setembro.

A atividade está desenhada para ser implementada em qualquer massa de água, incluindo lagos, lagoas, rios e ribeiras. Para escolher o local exato que vai estudar, deve ter em atenção que as margens devem ser de fácil acesso para que seja possível desenvolver a atividade em segurança.

Além disso, lembre-se que, em Portugal, a lontra-europeia não existe nos arquipélagos, pelo que só faz sentido realizar esta atividade no continente!

Figura 5 – Exemplo de um local adequado para realizar a atividade "No rasto das lontras".

Numa das margens do local que escolher deve definir previamente um percurso de 100 metros, paralelamente à massa de água. Será este troço que irá percorrer à procura de vestígios de lontra tanto nas margens como no leito da massa de água. Pode usar elementos naturais já existentes (ex. pedras ou árvores proeminentes) ou colocar objetos seus (ex. lápis) a marcar o início e fim do percurso enquanto realiza a atividade.

Dica: é mais provável encontrar vestígios de lontra-europeia debaixo de pontes ou nas imediações destas estruturas, pelo que estas zonas podem ser um sítio interessante para desenvolver a atividade!

Material necessário

Para realizar esta atividade, vai precisar de levar consigo:

- Um **dispositivo móvel com GPS** (ex. telemóvel), para registar a localização exata da área onde vai fazer a atividade. Se não tiver nenhum, pode utilizar um computador para aceder ao Google Maps mais tarde e assim obter as coordenadas geográficas do local (figura 6);
- O **guia para a deteção de vestígios de lontra-europeia** (pág. 11-13), para conseguir determinar corretamente se a lontra está presente na sua área de estudo;
- O **caderno de campo** (pág. 7-10) e um **lápis**, para registar as suas observações;
- Uma **máquina fotográfica**, para documentar alguns dos vestígios que encontrar;
- Três pedaços de **casca de laranja** com aproximadamente o mesmo tamanho, para determinar a velocidade da corrente em rios e ribeiras;
- Uma **fita-métrica** e **cordel**, para que possa determinar corretamente a velocidade da corrente.

Opcionalmente, poderá também levar uns **binóculos**, para procurar vestígios de lontra no leito de massas de água de grandes dimensões.

Figura 6 – Obtenção de coordenas GPS através do Google Maps. O primeiro valor que se encontra rodeado a vermelho em ambas estas figuras corresponde à latitude e o segundo à longitude. 6-A: Num dispositivo móvel, aceda à aplicação Google Maps e toque com o indicador no mapa, o mais próximo possível da sua localização atual, para criar um alfinete. Irá aparecer uma caixa com o nome do local e a morada. As coordenadas GPS aparecerão numa barra no topo do ecrã. 6-B: No *website*, procure o seu local de estudo no mapa e clique sob este com o botão direito do rato. Irá aparecer uma caixa com o nome do local, o código postal e as coordenadas GPS.

Precauções a tomar

- ⚠ Não realize esta atividade sozinho;
- ⚠ Certifique-se que pode aceder ao local de estudo, em segurança, através de sítios públicos. Se o local não for público, assegure-se que tem permissão dos proprietários para o frequentar;
- ⚠ Evite danificar a vegetação;
- ⚠ Tenha cuidado para não perturbar a vida selvagem durante a realização da atividade.

CADERNO DE CAMPO

Data da saída de campo: ___/___/_____ Hora de início: ___:___h Hora de fim:___:___h

Número de participantes*:

* Nº de pessoas que contribuíram diretamente para os resultados registados neste caderno de campo.

Parte A | Descrição do local

1. Onde vai realizar esta atividade?

Área protegida da Rede Natura 2000:	

Pode consultar um mapa com todos os sítios da Rede Natura 2000 neste site: http://natura2000.eea.europa.eu/. Se a atividade não se realizar em nenhum sítio da Rede Natura 2000, escreva "Não se aplica"

Nome da massa de água:	

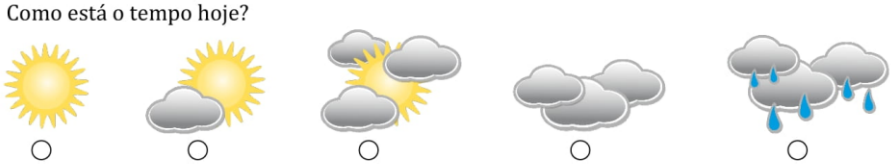
Numa das margens do local que escolheu, delimite um percurso paralelo à massa de água, com aproximadamente 100 metros de comprimento. **Agora, registe as coordenadas GPS do início e do fim desse percurso.**

	Latitude	Longitude
Início do percurso:		
Fim do percurso:		

2. Fotografe a massa de água e a zona da margem que vai percorrer;

	Designação dos ficheiros
Massa de água	
Percurso na margem	

3. Como está o tempo hoje?



○ ○ ○ ○ ○

4. Quão ventoso está o dia?

○ ○ ○ ○

5. Como se caracteriza o local em termos de presença humana?

◯ Zona urbana ◯ Zona suburbana ◯ Zona rural

6. Qual das seguintes opções descreve melhor a área em redor do local de estudo?

◯ Campo agrícola ◯ Jardim ◯ Campo não cultivado/Pastagem
◯ Zona residencial ◯ Floresta ◯ Plantação florestal (ex. eucaliptal)
◯ Zona industrial ◯ Outra: _____

7. Assinale todos os sinais de poluição que consegue ver nas proximidades:

◯ Lixo

◯ Crescimento exagerado de algas

◯ Chaminés industriais

◯ Espuma

◯ Cano de esgoto

◯ ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuais

◯ Porto/Marina

Outros

◯ Outros, nomeadamente: _____

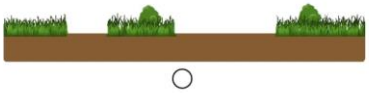
8. Qual destas ilustrações é mais semelhante ao que vê nas margens da massa de água?

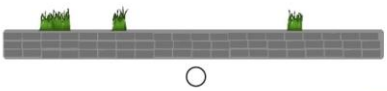
◯

◯

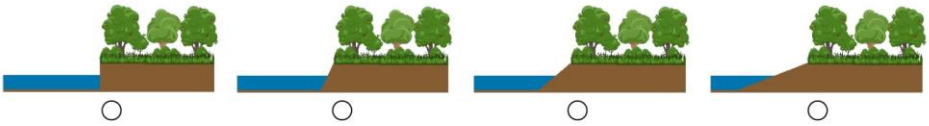
◯

◯


◯


◯

9. Como é o declive das margens?



○ ○ ○ ○

10. Qual é, aproximadamente, a largura máxima da massa de água no local em que se encontra?

○ < 1 metro ○ Entre 1 e 2 metros ○ Entre 2 e 5 metros ○ Entre 5 e 20 metros ○ > 20 metros

11. Qual é, aproximadamente, a profundidade máxima da massa de água nessa zona?

○ < 0,5 metros ○ Entre 0,5 e 1 metro ○ Entre 1 e 2 metros ○ > 2 metros ○ Não vejo o fundo

12. Velocidade da corrente: quanto tempo demora a casca de laranja a percorrer 5 metros? ☐

Se estiver a estudar uma massa de água sem corrente (ex. lago, charco), ignore esta questão.

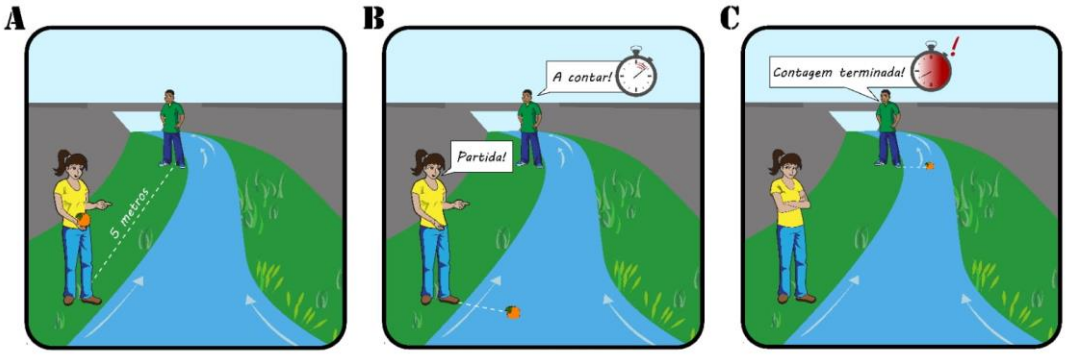


Figura 7 – Como determinar a velocidade da corrente num curso de água. Nesta figura, as setas no curso de água indicam o sentido da corrente. 7-A: Aproxime-se o mais possível do leito do rio e peça a um colega que faça o mesmo, a 5 metros de distância da sua posição. Pode usar uma fita-métrica e um cordel para medir corretamente a distância entre vocês. 7-B: Quando ambos estiverem posicionados, coloque uma casca de laranja no leito do rio ao mesmo tempo que diz "Partida!". Ao ouvir isto, o seu colega deverá imediatamente iniciar a contagem do cronómetro. 7-C: A contagem deve ser finalizada assim que a casca passar por ele. Repita este exercício 3 vezes, calcule o valor médio e registe-o na questão A-12.

Parte B | Em busca de vestígios de lontra

Percorra o **percurso que definiu na Parte A** e procure **locais favoráveis à presença de vestígios** de lontra na margem em que se encontra e no leito da massa de água. Sempre que encontrar um local favorável, verifique se neste se encontram, ou não, **dejetos e/ou pegadas de lontra**. Consulte o guia para a deteção de vestígios de lontra-europeia (pág. 11-13) para o ajudar nesta tarefa.

Caso encontre vestígios de lontra-europeia antes de chegar ao fim do percurso que definiu, não é necessário continuar à procura, ou seja, pode dar por concluída esta parte da atividade.

1. Encontrou algum sítio favorável à ocorrência de vestígios de lontra?

○ Sim ○ Não

2. Se respondeu "sim" à questão anterior, fotografe alguns desses sítios.

	Designação dos ficheiros
Exemplo nº1	
Exemplo nº2	

3. Indique o número de dejetos, de cada tipo, que encontrou:
Se não encontrou quaisquer dejetos, coloque "0" em cada uma das caixas abaixo.

Dejetos ainda húmidos	Dejetos secos, mas intactos	Dejetos secos e fragmentados

4. Encontrou pegadas de lontra?
◯ Sim ◯ Não

5. Fotografe alguns dos vestígios que encontrou.

	Designação dos ficheiros
Dejetos	
Pegadas	

Parte C | Partilhar os resultados

Obrigada por realizar esta atividade. Esperamos que tenha gostado! Agora, não se esqueça de partilhar os seus resultados connosco, mesmo que não tenha encontrado quaisquer vestígios. A informação que recolheu é muito importante para conhecermos melhor as características dos locais preferidos pelas lontras em Portugal. Com a sua ajuda, estaremos um passo mais perto de melhor proteger estas criaturas tão carismáticas!

Submeta os seus resultados através da seguinte hiperligação:
https://www.natura-mais.com/partilhar-resultados

Se encontrar vestígios de lontra noutra altura e noutro lugar qualquer, essa informação também é muito útil para nós! Registe a localização GPS dos vestígios, tire-lhes uma fotografia e submeta a sua observação casual no mesmo *link*!

Obrigada por participar!

Guia para a deteção de vestígios de Lontra-europeia

Locais favoráveis à ocorrência de vestígios

No leito do curso de água, procure em locais não submersos, tais como grandes pedras e acumulações de areia ou lama. Pode também encontrar vestígios de lontra-europeia (*Lutra lutra*) em canaviais.

Nas margens do curso de água, procure em cima de locais salientes, como rochas, troncos caídos e raízes expostas. Continue as buscas nas extremidades dos caminhos de acesso à água e também junto à interseção de cursos de água. Também pode encontrar vestígios em zonas arenosas ou lamacentas.

Leito do curso de água

Margens

Figura 8 – Exemplos de locais que devem ser inspecionados durante a busca por vestígios de lontra-europeia (*L. lutra*).

Visão-americano *(Neovison vison)*

No norte do país, os vestígios de lontra podem ser confundidos com os de visão-americano.

O visão-americano é originário da América do Norte, mas atualmente já foi introduzido em vários outros países. Na Europa, esta espécie invasora tem causado vários problemas, incluindo a redução das populações de pequenos mamíferos. Esta espécie foi introduzida em Portugal no final da década de 80, sendo que a sua distribuição está praticamente restrita ao norte de Portugal.

Pegadas

As patas da lontra-europeia apresentam **5 dedos** com garras curtas (figura 9 – B), mas o quinto nem sempre fica marcado no solo (figura 9 – C). As pegadas da pata anterior de um adulto medem tipicamente **6–7 cm** de comprimento e cerca de 6 cm de largura. As pegadas deixadas pelas patas posteriores são semelhantes em termos de largura, mas podem ser mais longas (6-9 cm de comprimento).

As lontras têm **membranas interdigitais** nas patas, mas estas podem não ser visíveis nas pegadas. Em zonas arenosas ou lamacentas, a cauda da lontra pode também deixar um rasto (figura 9 – A).

As pegadas do visão-americano têm um formato parecido com as da lontra, mas são muito mais pequenas: comprimento - 2,5 a 4 cm; largura - 2 a 4 cm (figura 9 – D). No entanto, o rasto deste animal pode ser confundido com o de uma lontra-europeia juvenil.

Figura 9 – Rastos de lontra-europeia (*L. lutra*) e visão-americano (*N. vison*). 9-A: rasto de lontra-europeia em que é visível a marca da cauda. 9-B: conjunto de pegadas de lontra-europeia onde a marca da membrana digital é visível. 9-C: pegada de lontra-europeia em que as cinco garras são bem visíveis. 9-D: rasto de visão-americano.

Fezes

Os excrementos de lontra-europeia apresentam uma **forma cilíndrica**, com **uma das extremidades mais afunilada**. Quando frescos, os dejetos encontram-se húmidos e, geralmente, têm uma tonalidade preto-alcatrão ou verde-escura (figura 10 – A). Com o passar do tempo, secam e a coloração evolui para algo semelhante a cinzas de charuto (figura 10 – C). Se a dieta da lontra for rica em lagostins, as suas fezes podem também ser cor-de-laranja!

As fezes do visão-americano são muito semelhantes às da lontra, mas costumam apresentar a forma de uma espiral (figura 10 – D).

Os excrementos de ambas as espécies têm um cheiro a peixe característico.

Figura 10 – Dejetos de lontra-europeia (*L. lutra*) e visão-americano (*N. vison*). Nas fotografias A, B e C estão representados excrementos de lontra-europeia, ordenados dos mais recentes (húmido, preto-alcatrão) para os mais antigos (fragmentado, esbranquiçado). Na fotografia D, estão retratados dejetos recentes de visão-americano.

BIBLIOGRAFIA

Bencatel, J., Álvares, F., Moura, A.E. & Barbosa, A.M. (2017). *Atlas de mamíferos de Portugal*. 1ª edição. Portugal: Universidade de Évora.

CABI (sem data). *Neovison vison (American mink)*. Acedido a 27 de setembro de 2018, em https://www.cabi.org/ISC/datasheet/74428

Chanin, P. (2003). *Monitoring the otter Lutra lutra*. Conserving Natura 2000 Rivers Monitoring Series No. 10. English Nature, Peterborough.

Chanin, P. (2005). *Otter surveillance in SACs: testing the protocol. Report nº 664.* English Nature Research Reports. ISSN 0967-876X. Acedido a 22 de setembro de 2018, em http://publications.naturalengland.org.uk/publication/98010

ICNF (sem data). *Plano setorial da rede Natura 2000: lontra ou lontra-europeia (Lutra lutra)*. Acedido a 16 de setembro de 2018, em http://www2.icnf.pt/portal/pn/biodiversidade/rn2000/p-set/psrn-mamif

Macdonald, D.W. & Barrett, P. (1993). *Mamíferos de Portugal e da Europa*. Portugal: FAPAS & Câmara Municipal do Porto. ISBN 972-95951-5-1

Pedroso, N.M. & Sales-Luís, T. (2012). Lontra (*Lutra lutra*): como peixe na água. Em F. Loureiro, N.M. Pedroso, M.J. Santos & L.M. Rosalino (Eds.), *Um olhar sobre os carnívoros portugueses* (pp.149-165). Lisboa, Portugal: CARNIVORA – Núcleo de Estudos de Carnívoros e seus Ecossistemas. ISBN 978-989-975-95-0-3

Roos, A., Loy, A., de Silva, P., Hajkova, P. & Zemanová, B. (2015). *Lutra lutra. The IUCN Red List of Threatened Species 2015: e.T12419A21935287*. Acedido a 16 de setembro de 2018, em http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015-2.RLTS.T12419A21935287.en

CRÉDITOS

Figuras numeradas

Figura 1: fotografia da autoria de Claudia Peters, disponibilizada sob a licença CC0 1.0 em https://pixabay.com/en/otter-cute-animal-365370/

Figura 2: fotografia da autoria de Jon. D. Anderson, disponibilizada sob a licença CC BY-NC-ND 2.0 em https://www.flickr.com/photos/jon_d_anderson/24513059509/

Figura 3: fotografia da autoria de Paola Viviana Trovò, disponibilizada sob a licença CC BY-NC 4.0 em https://www.biodiversity4all.org/photos/6702273

Figura 4: fotografia da autoria de hazelisles, disponibilizada sob a licença CC BY-SA 2.0 em https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Berneray_causeway_(hazelisles).jpg

Figura 5: fotografia intitulada "Small bridge over river Dulais", da autoria de Nigel Davies, disponibilizada sob a licença CC BY-SA 2.0 em http://ow.ly/rruE50j7cl1

Figura 6: mapa da autoria de Google & Instituto Geográfico Nacional

Figura 8 – Leito do curso de água: recortada da fotografia original de Mathias D'haen, disponibilizada sob a licença CC BY-NC 4.0 em https://www.biodiversity4all.org/photos/11790296

Figura 8 – Margens: fotografia da autoria de Alexander Ganse, disponibilizada sob a licença CC BY-NC 4.0 em https://www.biodiversity4all.org/photos/12061638

Figura 9 – A: recortada da fotografia original de Jeremy Barker, disponibilizada sob a licença CC BY-NC 4.0 em: https://www.biodiversity4all.org/photos/12989860

Figura 9 – B: fotografia da autoria de jfgodeau, disponibilizada sob a licença CC BY-NC 4.0 em https://www.biodiversity4all.org/photos/24578810?size=original

Figura 9 – C: fotografia da autoria de Juan Lacruz, disponibilizada sob a licença CC BY-SA 3.0 em https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nutria_2.jpg

Figura 9 – D: recortada da fotografia original de dphyillaier, disponibilizada sob a licença CC BY-NC 4.0 em https://www.biodiversity4all.org/photos/22228516

Figura 10 – A: fotografia da autoria de gailhampshire, disponibilizada sob a licença CC BY 2.0 em https://www.flickr.com/photos/43272765@N04/32462748671

Figura 10 – B: fotografia da autoria de Rémi Cardinael, disponibilizada sob a licença CC BY-NC 4.0 em https://www.biodiversity4all.org/photos/10019684

Figura 10 – C: fotografia da autoria de Humberto Ferrón Jiménez, disponibilizada sob a licença CC BY-NC 4.0 em https://www.biodiversity4all.org/photos/18393928

Figura 10 – D: recortada da fotografia original de caitlin_potter, disponibilizada sob a licença CC BY-NC 4.0 em https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/

Figuras não numeradas

Imagem da capa: recortada da fotografia original de Peter Trimming, disponibilizada sob a licença CC BY 2.0 em https://www.flickr.com/photos/peter-trimming/7032983051/

Pág. 8, Lixo: fotografia da autoria de Bo Eide, disponibilizada sob a licença CC0 1.0 em http://ow.ly/LifG50jbEuc

Pág. 8, Crescimento de algas descontrolado: fotografia da autoria de Neil Williamson, disponibilizada sob a licença CC BY-SA 2.0 em http://ow.ly/cBuf50jbDky

Pág. 8, Chaminés industriais: fotografia da autoria de Ralf Steinberger, disponibilizada sob a licença CC BY 2.0 em https://www.flickr.com/photos/ralf-steinberger/36270185604/

Pág. 8, Espuma: fotografia da autoria de dangerismycat, disponibilizada sob a licença CC BY-NC-ND 2.0 em http://ow.ly/O9GG50jbHK8

Pág. 8, Cano de esgoto: fotografia da autoria de Jodie C., disponibilizada sob a licença CC BY-ND 2.0 em https://www.flickr.com/photos/jodcol/9693686708/

Pág. 8, ETAR: recortada da fotografia original de Seviwiki, disponibilizada sob a licença CC BY-SA 3.0 em https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Edarranilla.jpg

Pág. 8, Porto: fotografia original de alchen_x, disponibilizada sob a licença CC BY-SA 2.0 em http://ow.ly/PKHJ50jh3of

Pág. 11, Primeira lontra: fotografia da autoria de Peter Trimming, disponibilizada sob a licença CC BY 2.0 em https://www.flickr.com/photos/peter-trimming/6280122793/

Pág. 11, Segunda lontra: fotografia da autoria de Peter Trimming, disponibilizada sob a licença CC BY 2.0 em https://www.flickr.com/photos/peter-trimming/7166718068/

Pág. 11, Terceira lontra: fotografia da autoria de Claudia Peters, disponibilizada sob a licença CC0 1.0 em https://pixabay.com/en/otter-cute-animal-365370/

Pág. 11, Quarta lontra: fotografia da autoria de Peter Trimming, disponibilizada sob a licença CC BY 2.0 em https://www.flickr.com/photos/peter-trimming/5140831032/

Pág. 11, Visão-americano: fotografia da autoria de Matt MacGillivray, disponibilizada sob a licença CC BY 2.0 em https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mink_in_the_park.jpg

Este solo é de qualidade?
?
Natura

NATURA +

Natura + é um projeto que pretende dar ao público a **oportunidade de se colocar na pele de um cientista** para **explorar a vida selvagem** de Portugal.

Estará o solo do meu jardim saudável? Que espécies de peixes existem naquele rio?

Descubra você mesmo!

As questões anteriores (e muitas mais!) **podem ser investigadas por qualquer cidadão curioso**, com recurso aos materiais disponibilizados pelo projeto Natura +. Ao todo são cinco as temáticas abordadas: peixes, lontras, morcegos, qualidade do solo e poluição por resíduos sólidos. Pode consultar as restantes atividades em: https://www.natura-mais.com/atividades

Ao realizar qualquer uma das nossas atividades, está a **recolher dados valiosos** que permitirão tirar conclusões acerca do estado de conservação da biodiversidade e a evolução dos seus principais fatores de ameaça em Portugal. Por isso, é muito importante que **partilhe os seus resultados connosco** através da seguinte hiperligação: https://www.natura-mais.com/partilhar-resultados

Faça parte deste projeto. A Natureza agradece e nós também!

REDE NATURA 2000

A Natura 2000 é uma **rede de áreas protegidas** gerida de forma coordenada pela Comissão Europeia e os Estados Membros. Atualmente, ela engloba mais de 27 000 áreas protegidas, que ocupam cerca de 18% da área terrestre da União Europeia (UE) e mais 6% da sua área marinha.

A Rede Natura 2000 é a principal estratégia da UE para **combater o problema da perda de biodiversidade**, que está a ocorrer a um ritmo alarmante. Através dela, a UE pretende garantir a preservação a longo-prazo de todas as espécies e *habitats* de interesse Europeu. Para isso, os Estados Membros comprometeram-se a tomar as medidas necessárias para manter ou recuperar o bom estado de conservação dos sítios Natura 2000 e a monitorizá-los regularmente. Em **Portugal**, existem **158 áreas protegidas** que integram a Rede Natura 2000. Pode descobrir mais sobre esta rede internacional em: http://natura2000.eea.europa.eu/

Neste contexto, a **Natura +** assume-se como uma **ferramenta útil para monitorizar esta rede**, com o objetivo máximo de contribuir para o sucesso desta iniciativa de conservação.

Se visitar algum dos sítios da Rede Natura 2000, faça uma das nossas atividades.

Promotores: cesam universidade de aveiro centro de estudos do ambiente e do mar; ciimar Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental; Produção Agroalimentar Sustentável Centro de Investigação GREENUPORTO; U.PORTO FACULDADE DE CIÊNCIAS UNIVERSIDADE DO PORTO

Financiamento: FCT Fundação para a Ciência e a Tecnologia

INTRODUÇÃO

O **solo** é constituído por minerais, matéria orgânica, ar, água e organismos vivos. Ele é **essencial para a manutenção da vida** na Terra, pois assegura serviços de ecossistema muito importantes, como a disponibilização de alimento e *habitat* para diversas espécies. Mas, atualmente, os solos **estão a ficar cada vez mais degradados** sobretudo devido ao seu uso não sustentável por parte do Homem (ex. uso excessivo de pesticidas). Contudo, o processo de formação do solo é muito lento: um solo com 2 cm de altura pode demorar mais de 500 anos para se formar! Por isso, é considerado um **recurso não renovável**, o que torna ainda mais urgente intervir no sentido de o preservar!

Serviços de ecossistema prestados pelo solo

Aos benefícios que o Homem obtém da Natureza é dada a designação de "serviços de ecossistema". Os serviços de ecossistema providenciados pelo solo são:

- **O fornecimento de alimento e de fibras**
  As plantas utilizam os nutrientes presentes no solo para se desenvolverem. Além disso, alguns microrganismos que se encontram no solo promovem o crescimento das plantas e outros até as protegem contra herbívoros e agentes patogénicos!
- **A manutenção de organismos com potencial para o desenvolvimento de novos produtos**
  Por exemplo, alguns organismos que habitam o solo (figura 1) produzem compostos químicos que podem ser usados para conceber medicamentos.
- **A disponibilização de *habitat***
  O solo alberga uma grande biodiversidade, ou seja, uma elevada diversidade de organismos vivos. Ao todo, estima-se que o solo sirva de *habitat* para, pelo menos, 11 milhões de espécies, incluindo plantas, algas, minhocas, moluscos, insetos, fungos e bactérias!
- **A regulação da composição atmosférica e do clima**
  O solo e os organismos que o habitam são capazes de regular a quantidade de gases de efeito de estufa presentes na atmosfera.
- **A purificação da água**
  A água que se infiltra ou escorre através do solo, ao interagir com as partículas deste e com os organismos que o habitam, vai-se purificando de alguns contaminantes até chegar às massas de água recetoras.

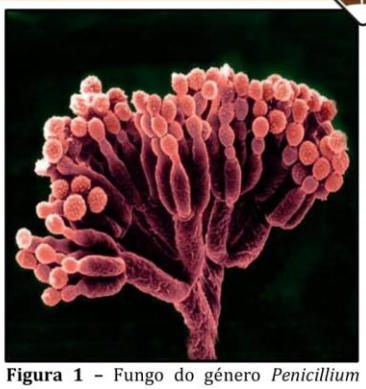


Figura 1 – Fungo do género *Penicillium* visto ao microscópio. Alguns destes fungos produzem substâncias químicas a partir das quais se desenvolveram antibióticos!

Figura 2 – Tardígrado visto ao microscópio. Os tardígrados são animais de reduzidas dimensões (0,1 a 1,7 mm), que habitam o meio aquático. Encontram-se também na água acumulada entre as partículas do solo. Estes são considerados os animais mais resistentes à face da Terra. Até conseguem sobreviver às condições adversas do espaço!

- **O controlo das populações de agentes patogénicos**
  De uma forma geral, os solos com uma maior biodiversidade apresentam uma menor quantidade de organismos causadores de doenças.

- **A manutenção de zonas de lazer**
  O solo é fundamental para a existência dos espaços verdes (parques, jardins, …) que são usados para atividades de lazer pelo Homem.

A qualidade do solo

Para que um dado solo consiga providenciar os serviços de ecossistema previamente mencionados, é necessário que este esteja em bom estado. Existem muitos **fatores que influenciam a qualidade de um solo**, entre os quais:

- **A quantidade de matéria orgânica**
  Os microrganismos que habitam o solo decompõem a matéria orgânica em nutrientes, que ficam disponíveis para serem absorvidos pelas plantas. Quanto mais matéria orgânica, mais nutrientes poderão ser disponibilizados!

- **A vegetação**
  A vegetação existente influencia a quantidade e qualidade da matéria orgânica que chega ao solo. Além disso, as plantas protegem o solo contra a erosão causada pelo vento e pela água.

- **Os microrganismos do solo**
  Os microrganismos são os principais responsáveis pela decomposição da matéria orgânica. Quanto maior a biodiversidade de microrganismos, mais rapidamente se processa a decomposição!

- **A capacidade de infiltração e retenção de água**
  A água é necessária para a manutenção da vida no solo. Os microrganismos, as plantas e os outros habitantes do solo precisam de água para sobreviver.

- **O grau de compactação do solo**
  A compactação do solo conduz a uma redução do oxigénio e água disponíveis, assim como ao colapso dos poros usados como *habitat* por diversos organismos. Consequentemente, solos mais compactos albergam uma menor biodiversidade.

- **As minhocas e os outros "engenheiros" do solo**
  As raízes das plantas e os animais que habitam o solo, especialmente as minhocas, têm uma grande influência na sua estrutura. Ao escavarem túneis, criam *habitats* adequados para organismos mais pequenos, tornam o solo menos compacto, facilitam a penetração e retenção de água no solo e aceleram a decomposição de matéria orgânica ao promoverem a sua circulação. Algumas minhocas conseguem ainda produzir hormonas que estimulam o crescimento das plantas!

Figura 3 – Actinobactérias observadas ao microscópio. Estas bactérias são capazes de produzir uma substância chamada geosmina, que é a responsável pelo característico cheiro a terra depois de chover.

Figura 4 – Algumas práticas agrícolas, como o uso de tratores, tornam os solos mais compactos.

Figura 5 – Indivíduo adulto pertencente à espécie *Lumbricus rubellus*. Esta é uma das minhocas mais abundantes na Europa.

- **O pH**
  O pH é uma das condições abióticas que determina que espécies vegetais e animais são capazes de habitar um determinado solo. Diferentes espécies têm diferentes tolerâncias a este parâmetro. Contudo, solos muito ácidos (pH<5,0) ou muito básicos (pH>7,5) têm tendência a albergar menor biodiversidade. Além disso, o pH influencia a quantidade de nutrientes disponíveis no solo. Logo, também o sucesso da produção de plantas de interesse comercial depende do pH do solo.

Figura 6 – O morangueiro (*Fragaria vesca*) necessita de um solo com o pH entre 5,0 e 6,5 para se desenvolver adequadamente.

- **A poluição**
  Diferentes tipos de poluição afetam o solo de formas distintas. Por exemplo, os plásticos depositados no chão, com o passar do tempo, degradam-se em pedaços cada vez mais pequenos, que podem condicionar o crescimento das minhocas e até conduzir à sua morte.

Você pode ajudar!

Figura 7 – Cientista a avaliar a qualidade de um solo, utilizando métodos semelhantes aos incluídos na atividade "Este solo é de qualidade?".

Na atividade "Este solo é de qualidade?", irá avaliar a qualidade de um solo à sua escolha. Ao partilhar os seus resultados connosco, estará a contribuir para o mapeamento da qualidade dos solos em Portugal! Toda a informação recebida será analisada pela equipa do projeto "Natura +", para detetar áreas mais degradadas e perceber como diferentes atividades humanas afetam a qualidade dos solos.

PLANEAMENTO

Onde e quando realizar esta atividade?

A atividade "Este solo é de qualidade?" pode ser realizada durante **todo o ano**, em **qualquer local que contenha solo**. Desde jardins, campos agrícolas e florestas até bermas de estrada, qualquer um é adequado! Mas, tente não realizar esta atividade nos 2-3 dias seguintes a grandes chuvadas.

Figura 8 – Exemplos de locais adequados para realizar esta atividade.

Material necessário

Para realizares esta atividade, vai precisar de:

- Um dispositivo móvel com GPS (ex. telemóvel) ou computador;
- Uma máquina fotográfica;
- Um relógio ou cronómetro;
- O caderno de campo (pág. 8-13);
- Um lápis;
- Uma régua ou fita-métrica;
- Uma pá;
- Um tabuleiro ou bacia grandes;
- Um tabuleiro ou bacia pequenos;
- Dois copos ou frascos;
- Uma colher;
- Uma garrafa de água de 75 cL ou outro recipiente com igual capacidade;
- Duas tiras de pH (indicador universal)*;
- Dois litros de água;
- Algumas folhas de papel higiénico, papel de cozinha ou lenços de papel;
- Algumas gotas de vinagre;
- Uma colher de chá de mostarda em pó.

* Podem obter-se em lojas de animais que vendam acessórios para aquários ou em lojas *online* (ex. eBay e Amazon)

Figura 9 – Obtenção de coordenas GPS através do Google Maps. O primeiro valor que se encontra rodeado a vermelho em ambas estas figuras corresponde à latitude e o segundo à longitude. 9-A: Num dispositivo móvel, aceda à aplicação Google Maps e toque com o indicador no mapa, o mais próximo possível da sua localização atual, para criar um alfinete. Irá aparecer uma caixa com o nome do local e a morada. As coordenadas GPS aparecerão numa barra no topo do ecrã. 9-B: No *website*, procure o seu local de estudo no mapa e clique sob este com o botão direito do rato. Irá aparecer uma caixa com o nome do local, o código postal e as coordenadas GPS.

Precauções a tomar

- ⚠ Não realize esta atividade sozinho;
- ⚠ Se o local de estudo não se situar num terreno seu, certifique-se que tem a permissão dos proprietários para realizar a atividade nesse sítio;
- ⚠ Não manipule o solo com as mãos se este contiver vidros ou outros resíduos perigosos;
- ⚠ Evite danificar a vegetação;
- ⚠ Tenha cuidado para não perturbar a vida selvagem durante a realização da atividade.

CADERNO DE CAMPO

Data da saída de campo: ___/___/_____ Hora de início: __:__h Hora de fim:__:__h

Número de participantes*:

* Nº de pessoas que contribuíram diretamente para os resultados registados neste caderno de campo.

Parte A | Descrição do local

1. Onde vai realizar esta atividade?

Área protegida da Rede Natura 2000:	

Pode consultar um mapa com todos os sítios da Rede Natura 2000 neste site: http://natura2000.eea.europa.eu/. Se a atividade não se realizar em nenhum sítio da Rede Natura 2000, escreva "Não se aplica"

Freguesia:	

	Latitude	Longitude
Coordenadas GPS do local:		

2. Fotografe o local e também a paisagem em redor;

	Designação do ficheiro
Local de amostragem	
Paisagem em redor	

3. Como está o tempo hoje?

○ ○ ○ ○ ○

4. Quão ventoso está o dia?

○ ○ ○ ○

5. Como se caracteriza o local em termos de presença humana?

○ Zona urbana ○ Zona suburbana ○ Zona rural

6. O local fica numa zona residencial ou industrial?
   ◯ Zona residencial ◯ Zona industrial ◯ Não se aplica

7. Qual das seguintes opções descreve melhor o sítio que vai analisar?
   ◯ Campo agrícola ◯ Jardim ◯ Campo não cultivado/Pastagem
   ◯ Horta ◯ Floresta ◯ Plantação florestal (ex. eucaliptal)
   ◯ Berma de estrada ◯ Outra: _____

8. Quão distante fica a rua/estrada mais próxima?
   ◯ A menos de 20 m ◯ 20 a 100 m ◯ A mais de 100 m

   Nome da rua/estrada: _____

9. Assinale todos os sinais de poluição que consegue ver nas proximidades:

◯ Lixo

◯ Chaminés industriais

◯ Tanques de armazenamento (ex. combustível)

◯ Espuma em charcos, lagos, …

◯ Cano de esgoto

◯ ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuais

Outros

◯ Outros, nomeadamente:

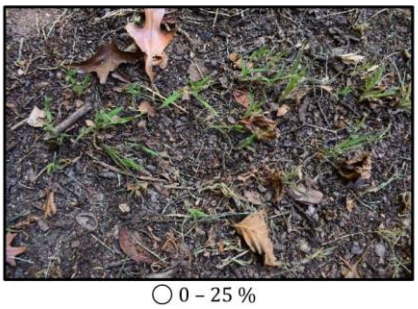
_____

Parte B | Recolha de minhocas

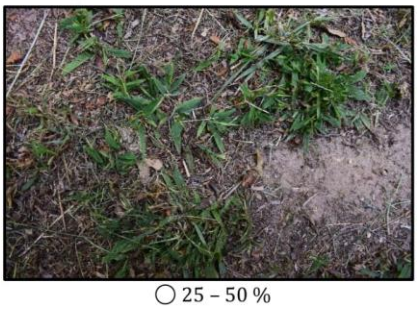
1. No local que pretende analisar, delimite um quadrado com 20 cm de lado;

2. Empurre, com a ponta de um lápis ou de uma caneta, a superfície do solo. Foi difícil?
   ◯ Não, foi fácil
   ◯ Sim, foi difícil: tive que fazer alguma força para a ponta entrar completamente no solo
   ◯ Sim, foi muito difícil: tive que fazer muita força para a ponta entrar completamente no solo

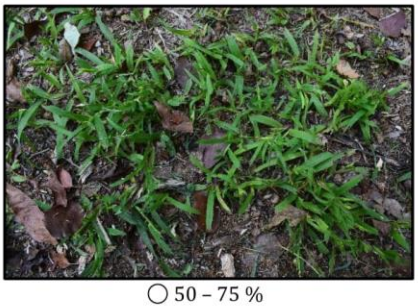
3. Quanta vegetação se encontra a cobrir o solo dentro do seu quadrado?



◯ 0 – 25 %



◯ 25 – 50 %



◯ 50 – 75 %

◯ 75 – 100 %

4. O seu quadrado encontra-se debaixo da copa de uma ou mais árvores?

◯ Sim ◯ Não

5. Escave a área delimitada até a sua cova ter uma profundidade de 10 cm;

6. Coloque o solo que remover num tabuleiro e todas as minhocas que encontrar num recipiente com um papel humedecido no interior;

7. Enquanto escavava, viu raízes de plantas vivas?

◯ Não

◯ Sim, mas apenas raízes de pequenas dimensões (diâmetro < 0,5 cm)

◯ Sim, mas apenas raízes de pequena e média dimensão (diâmetro < 2 cm)

◯ Sim, incluindo uma, ou mais, raízes de grande dimensão (diâmetro > 2 cm)

8. Observe as minhocas que recolheu e conte o número de indivíduos adultos e indivíduos imaturos (ver figura 10);

Figura 10 – Nas minhocas, os indivíduos adultos apresentam uma estrutura saliente, em forma de anel, que se destaca do resto do corpo – o clitelo. Os indivíduos imaturos não apresentam clitelo.

9. Quantas minhocas encontrou? Adultas ☐ Imaturas ☐
10. Enxague as minhocas com um pouco de água;
11. Devolva as minhocas ao solo, mas coloque-as longe da cova que escavou!
12. Para extrair as minhocas que habitam zonas mais profundas do solo, prepare uma solução de mostarda e verta-a na cova que escavou. Não se preocupe, a solução de mostarda não mata nem causa danos aos animais do solo!

Figura 11 – Instruções de preparação da solução de mostarda, que é utilizada para extrair as minhocas que habitam as zonas mais profundas do solo. Depois de adicionar a mostarda em pó à água, agite a mistura de forma a que a mostarda fique bem dissolvida.

13. Quanto tempo demorou a solução a escoar totalmente?
    - ◯ Mais de 5 minutos
    - ◯ Menos de 5 minutos: _____ minutos e _____ segundos
14. Quantas minhocas emergiram da cova durante os 5 minutos que se seguiram à aplicação da solução de mostarda?

    Adultas ☐ Imaturas ☐
15. Enxague as minhocas e devolva-as ao solo.

Parte C | Propriedades do solo

Para todas as atividades incluídas nesta parte C, utilize o solo que retirou da cova.

1. Vê algum material que não devesse estar no solo (ex. metais, plásticos, vidros)?
   - ◯ Não, nenhum
   - ◯ Sim, mas são poucos (1 – 2 itens)
   - ◯ Sim, alguns (3 – 10 itens)
   - ◯ Sim, muitos (> 10 itens)
2. Assinale todos os sinais de poluição que encontrou:
   - ◯ Materiais de construção (ex. tijolos, cimento)
   - ◯ Vidros (ex. garrafas partidas)
   - ◯ Metais (ex. lata de refrigerante)
   - ◯ Pedaços de madeira processada
   - ◯ Plásticos (ex. fragmentos de uma embalagem/saco)
   - ◯ Outro: _____
3. Pegue numa mão cheia de solo e aperte-o. Qual o nível de humidade do solo?
   - ◯ Solo seco
   - ◯ Solo húmido
   - ◯ Solo encharcado: quando aperto, a água pinga

4. Quantificação do pH do solo

4.1. Qual é o pH da água?
Encha um copo com a água que trouxe consigo até esta perfazer uma altura de 5 cm. Mergulhe a tira de pH no copo durante 3 segundos. Retire a tira do copo e espere 2 minutos para que a cor final se forme.

○ 1 ○ 2 ○ 3 ○ 4 ○ 5 ○ 6 ○ 7
○ 8 ○ 9 ○ 10 ○ 11 ○ 12 ○ 13 ○ 14

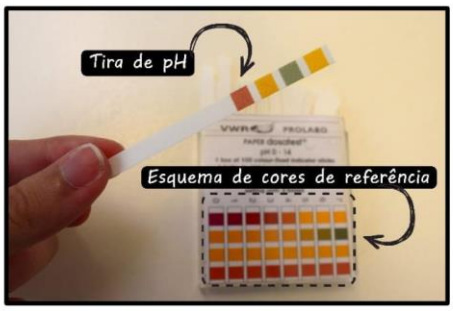


Figura 12 – Exemplo de tiras de pH que se podem utilizar para o passo 4. Neste caso, a parte colorida da tira deve ser mergulhada no copo. Passados 2 minutos, as cores da tira devem ser comparadas com o esquema de cores de referência presente na caixa, para descobrir qual o pH do solo e da água.

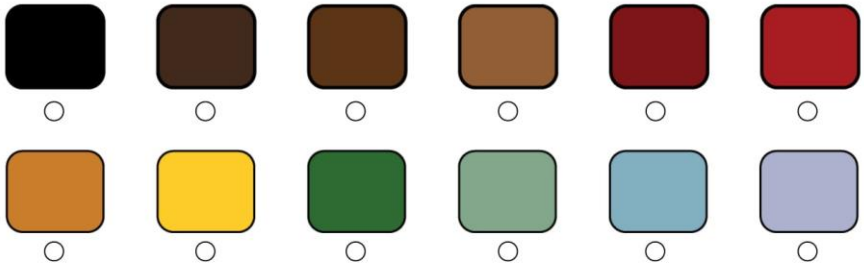
4.2. Qual é o pH do solo?
Coloque num copo uma camada de solo com cerca de 1 cm de altura. De seguida, encha o copo com água até a solução perfazer uma altura de 5 cm. Tape o copo e agite muito bem a mistura durante cerca de 1 minuto. Mergulhe a tira de pH no copo durante 3 segundos. Retire a tira do copo e espere 2 minutos para que a cor final se forme.

○ 1 ○ 2 ○ 3 ○ 4 ○ 5 ○ 6 ○ 7 ○ 8 ○ 9 ○ 10 ○ 11 ○ 12 ○ 13 ○ 14

5. Como é o cheiro do solo que está a analisar?

○ Mau (ex. cheiro pantanoso/podre) ○ Cheiro a terra, doce e fresco ○ Não tem cheiro

6. Qual das seguintes cores é mais semelhante à cor do solo?



7. Teste da efervescência: o que acontece quando adiciona vinagre ao solo?
Coloque uma quantidade de solo com o tamanho aproximado de uma moeda de 2 euros na tampa de uma garrafa. Verta algumas gotas de vinagre no solo e observe o que acontece. A formação de espuma indica que está presente no solo carbonato de cálcio, que é uma substância que contribui para o aumento do pH.

○ Forma-se espuma ○ Não acontece nada

8. Coloque todo o solo de volta na cova que escavou.

Parte D | Interpretação de resultados

Complete a tabela II, que se encontra na página seguinte, tendo em conta as respostas que deu nas questões anteriores para descobrir qual é a qualidade do seu solo!

Tabela II – Esquema de referência para a classificação da qualidade de um solo com base em algumas das suas propriedades.

Parâmetros	Perguntas	Qualidade do solo			Solo estudado (pontos)
		Má (2 pontos)	Razoável (5 pontos)	Boa (8 pontos)	
Compactação	B.2	Muito difícil	Difícil	Fácil	
Vegetação [1]	B.3 B.4	0 – 25 % Sim/Não	25 – 50 % Não	Outras combinações	
Dimensão das raízes	B.7	Sem raízes ou só raízes pequenas	Só raízes pequenas e médias	Uma, ou mais, raízes grandes	
Nº total de minhocas	B.9 + B.14	< 5	5 – 10	> 10	
Capacidade de infiltração	B.13	> 5 min	3 – 5 min	< 3 min	
Quantidade de resíduos	C.1	> 10	3 – 10	0 – 2	
Retenção de água	C.3	Solo seco	Solo húmido	Solo molhado	
pH do solo [2]	C.4.2	< 5,0 ou > 7,5	5,0 – 5,5 ou 7,0 – 7,5	5,5 – 7,0	
Cheiro do solo [3]	C.5	Mau cheiro	Sem cheiro	Cheiro a terra	
Cor do solo [4]	C.6	Outras	Castanho claro ou vermelho escuro	Preto ou castanho escuro	
TOTAL	-	**20 – 32 pontos**	**33 – 59 pontos**	**60 – 80 pontos**	

[1] Para determinar a pontuação que o seu solo recebe no parâmetro "vegetação", deve ter em conta as respostas que deu às questões B.3 e B.4. Se em B.3 respondeu "0 – 25 %", então o seu solo recebe apenas 2 pontos neste parâmetro. Se em B.3 respondeu "25 – 50%" e, em B.4, colocou "Não", o seu solo arrecada 5 pontos. Se em B.3 assinalou "25 – 50 %", mas em B.4 respondeu "sim", o seu solo obtém os 8 pontos. Também consegue a pontuação máxima neste parâmetro se em B.3 assinalou a opção "50 – 75 %" ou "75 – 100 %".

[2] O pH da água com que se realiza este passo vai interferir com a medição do pH do solo. Para determinar o pH real do solo teria de ser utilizada água desionizada, que é usada em laboratórios. Por isso, a medição do pH da água vai servir para a equipa da Natura + validar as suas medições.

[3] Mau cheiro sugere que o solo está poluído, enquanto o cheiro a terra indica a presença de atividade microbiana.

[4] Existem vários fatores que influenciam a cor do solo, incluindo a quantidade de matéria orgânica. De uma forma geral, quanto mais escuro for um solo, mais matéria orgânica tem.

Qual é a qualidade do solo que analisou?

◯ Má ◯ Razoável ◯ Boa

Parte E | Partilhar os resultados

Obrigada por realizar esta atividade. Esperamos que tenha gostado! Agora, não se esqueça de partilhar os seus resultados connosco. A informação que recolheu é muito importante para percebermos como diferentes atividades humanas afetam a qualidade dos solos. Com a sua ajuda, estaremos um passo mais perto de melhor proteger este valioso recurso!

Submeta os seus resultados através da seguinte hiperligação:
https://www.natura-mais.com/partilhar-resultados

Obrigada por participar!

BIBLIOGRAFIA

Bone, J., Archer, M., Barraclough, D., Eggleton, P., Flight, D., Head, M., Jones, D.T., Scheib, C. & Voulvoulis, N. (2012). Public participation in soil surveys: lessons from a pilot study in England. *Environmental Science & Technology*, **46(7)**: 3687-3696. doi:10.1021/es203880p

Bone, J., Barraclough, D., Eggleton, P., Head, M., Jones, D.T. & Voulvoulis, N. (2014). Prioritising soil quality assessment through the screening of sites: the use of publicly collected data. *Land Degradation & Development*, **25(3)**: 251-266. doi:10.1002/ldr.2138

Head, M., Voulvoulis, N., Bone, J., Jones, D.T., Lowe, C.N., Edwards, L., Stevens, E., Barraclough, D., Boucard, T., Flight, D., Taylor, H., Eggleton, P., Brooks, S., Sherlock, E., Norman, S., Parker, L., Farley-Brown, R., Davies, L. & Bachariou, C. (2015). *The OPAL soil and earthworm survey booklet*. Acedido a 15 de outubro de 2018, em www.opalexplorenature.org

Lwanga, E.H., Gertsen, H., Gooren, H., Peters, P., Salánki, T., van der Ploeg, M., Besseling, E., Koelmans, A.A. & Geissen, V. (2016). Microplastics in the terrestrial ecosystem: implications for *Lumbricus terrestris* (Oligochaeta, Lumbricidae). *Environmental Science & Technology*, **50(5)**: 2685-2691. doi:10.1021/acs.est.5b05478

Machado, A.A.S., Kloas, W., Zarfl, C., Hempel, S. & Rillig, M.C. (2018). Microplastics as an emerging threat to terrestrial ecosystems. *Global Change Biology*, **24(4)**: 1405-1416. doi:10.1111/gcb.14020

Natural Resources Conservation Service (2001). *Guidelines for soil quality assessment in conservation planning*. USA: United States Department of Agriculture – Natural Resources Conservation Service.

Orgiazzi, A., Bardgett, R.D., Barrios, E., Behan-Pelletier, V., Briones, M.J.I., Chotte, J-L., De Deyn, G.B., Eggleton, P., Fierer, N., Fraser, T., Hedlund, K., Jeffery, S., Johnson, N.C., Jones, A., Kandeler, E., Kaneko, N., Lavelle, P., Lemanceau, P., Miko, L., Montanarella, L., Moreira, F.M.S., Ramirez, K.S., Scheu, S., Singh, B.K., Six, J., van der Putten, W.H. & Wall, D.H. (Eds.) (2016). *Global soil biodiversity atlas*. Luxemburgo: Comissão Europeia, Publications Office of the European Union. doi:10.2788/2613

Pelosi, C. & Römbke, J. (2016). Are Enchytraeidae (Oligochaeta, Annelida) good indicators of agricultural management practices? *Soil Biology and Biochemistry*, **100**: 255-263. doi:10.1016/j.soilbio.2016.06.030.

United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Natural Resources Conservation Service & Soil Quality Institute (2001). *Soil quality test kit guide*. Acedido a 11 de outubro de 2018, em http://ow.ly/OPTV50jnRNR

CRÉDITOS

Figuras numeradas

Figura 1 – fotografia original de AJC1, disponibilizada sob a licença CC BY-SA 2.0 em https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Penicillium_sp._conidiophore.jpg

Figura 2 – fotografia original de Bob Goldstein & Vicky Madden, UNC Chapel Hill (https://tardigrades.bio.unc.edu/), disponibilizada sob a licença CC BY-NC-SA 2.0 em https://www.flickr.com/photos/waterbears/2851666759/

Figura 3 – fotografia original de David Berd (CDC-USA), disponibilizada sob a licença CC0 em https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Streptomyces_sp_01.png

Figura 4 – fotografia original de Scott Bauer (U.S. Department of Agriculture), disponibilizada sob a licença CC0 em https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Farmer_and_tractor_planting.jpg

Figura 5 – fotografia original de Holger Casselmann, disponibilizada sob a licença CC BY-SA 3.0 em https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lumbricus_rubellus_HC1.jpg

Figura 6 – adaptada (correção de cores) da fotografia original de ACBahn, disponibilizada sob a licença CC BY 3.0 em https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kermeter_Walderdbeeren02.jpg

Figura 7 – fotografia original de Tom Koerner (U.S. Fish and Wildlife Service), disponibilizada sob a licença CC0 em http://ow.ly/JkKn50jqmni

Figura 8, primeira foto – fotografia original de Rasbak, disponibilizada sob a licença CC BY-SA 3.0 em http://ow.ly/gcjZ50jqCXD

Figura 8, segunda foto – fotografia original de Mihael Simonič, disponibilizada sob a licença CC BY-SA 3.0 em http://ow.ly/TGKw50jqCZw

Figura 8, terceira foto – fotografia original de Doris Antony, disponibilizada sob a licença CC BY-SA 3.0 em https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Atzenhain.jpg

Figura 8, quarta foto – recortada da fotografia original de Benchill, disponibilizada sob a licença CC BY-SA 3.0 em https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ettrick,_Otago,_New_Zealand.jpg

Figura 8, quinta foto – recortada da fotografia original de Free-Photos, disponibilizada sob a licença CC0 em https://pixabay.com/pt/montanhas-paisagem-prado-natureza-919040/

Figura 8, sexta foto – recortada da fotografia original de Alenka Veber, disponibilizada sob a licença CC BY-SA 3.0 em http://ow.ly/WN8W50jqDmQ

Figura 9 – mapa da autoria de Google & Instituto Geográfico Nacional

Figura 10 – Indivíduo adulto: fotografia original de Rob Hille, disponibilizada sob a licença CC BY-SA 3.0 em https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Earthworm_02.jpg

Figura 10 – Indivíduo imaturo: : fotografia original de Rob Hille, disponibilizada sob a licença CC BY-SA 3.0 em https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lumbricus_terrestris_R.H_(2).JPG

Figura 11: figura elaborada com recurso a ícones disponibilizados por https://openclipart.org/

Figura 12: fotografia original de Sofia Oliveira, coordenadora da Natura +.

Figuras não numeradas

Imagem da capa – Jardim: recortada da fotografia original de Brandondowhaniuk, disponibilizada sob a licença CC0 em https://pixabay.com/en/grass-flora-nature-leaf-growth-3151382/

Imagem da capa – Mão com solo: recortada da fotografia original de Jing, disponibilizada sob a licença CC0 em https://pixabay.com/en/soil-hand-farm-garden-fertilizer-766281/

Pág. 8, Lixo: fotografia da autoria de Bo Eide, disponibilizada sob a licença CC0 em http://ow.ly/LifG50jbEuc

Pág. 8, Crescimento de algas descontrolado: fotografia da autoria de Neil Williamson, disponibilizada sob a licença CC BY-SA 2.0 em http://ow.ly/cBuf50jbDky

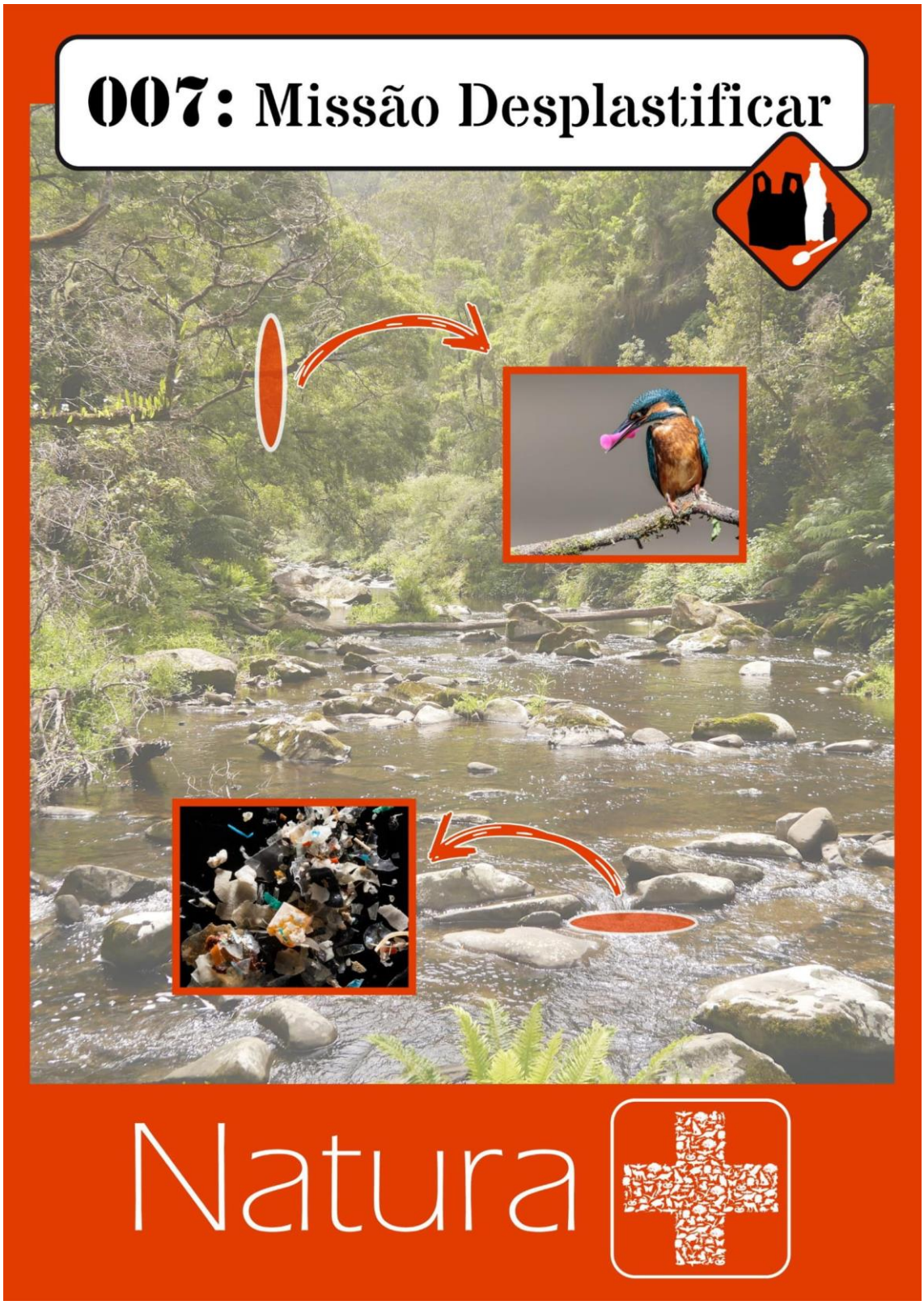
Pág. 8, Chaminés industriais: fotografia da autoria de Ralf Steinberger, disponibilizada sob a licença CC BY 2.0 em https://www.flickr.com/photos/ralf-steinberger/36270185604/

Pág. 8, Tanques de armazenamento: fotografia da autoria de Gregor, disponibilizada sob a licença CC0 em https://pixabay.com/en/factory-storage-tank-chemistry-644982/

Pág. 8, Espuma: fotografia da autoria de dangerismycat, disponibilizada sob a licença CC BY-NC-ND 2.0 em http://ow.ly/O9GG50jbHK8

Pág. 8, Cano de esgoto: fotografia da autoria de Jodie C., disponibilizada sob a licença CC BY-ND 2.0 em https://www.flickr.com/photos/jodcol/9693686708/

Pág. 8, ETAR: recortada da fotografia original de Seviwiki, disponibilizada sob a licença CC BY-SA 3.0 em https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Edarranilla.jpg


007: Missão Desplastificar
Natura

NATURA +

Natura + é um projeto que pretende dar ao público a **oportunidade de se colocar na pele de um cientista** para **explorar a vida selvagem** de Portugal.

Qual o lixo mais comum nas margens de rios? Estará o solo do meu jardim saudável?

Descubra você mesmo!

As questões anteriores (e muitas mais!) **podem ser investigadas por qualquer cidadão curioso**, com recurso aos materiais disponibilizados pelo projeto Natura +. Ao todo são cinco as temáticas abordadas: peixes, lontras, morcegos, qualidade do solo e poluição por resíduos sólidos. Pode consultar as restantes atividades em: https://www.natura-mais.com/atividades

Ao realizar qualquer uma das nossas atividades, está a **recolher dados valiosos** que permitirão tirar conclusões acerca do estado de conservação da biodiversidade e a evolução dos seus principais fatores de ameaça em Portugal. Por isso, é muito importante que **partilhe os seus resultados connosco** através da seguinte hiperligação: https://www.natura-mais.com/partilhar-resultados

Faça parte deste projeto. A Natureza agradece e nós também!

REDE NATURA 2000

A Natura 2000 é uma **rede de áreas protegidas** gerida de forma coordenada pela Comissão Europeia e os Estados Membros. Atualmente, ela engloba mais de 27 000 áreas protegidas, que ocupam cerca de 18% da área terrestre da União Europeia (UE) e mais 6% da sua área marinha.

A Rede Natura 2000 é a principal estratégia da UE para **combater o problema da perda de biodiversidade**, que está a ocorrer a um ritmo alarmante. Através dela, a UE pretende garantir a preservação a longo-prazo de todas as espécies e *habitats* de interesse Europeu. Para isso, os Estados Membros comprometeram-se a tomar as medidas necessárias para manter ou recuperar o bom estado de conservação dos sítios Natura 2000 e a monitorizá-los regularmente. Em **Portugal**, existem **158 áreas protegidas** que integram a Rede Natura 2000. Pode descobrir mais sobre esta rede internacional em: http://natura2000.eea.europa.eu/

Neste contexto, a **Natura +** assume-se como uma **ferramenta útil para monitorizar esta rede**, com o objetivo máximo de contribuir para o sucesso desta iniciativa de conservação.

Se visitar algum dos sítios da Rede Natura 2000, faça uma das nossas atividades.

Promotores: cesam universidade de aveiro centro de estudos do ambiente e do mar; ciimar Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental; Produção Agroalimentar Sustentável Centro de Investigação GREENUPORTO; U.PORTO FACULDADE DE CIÊNCIAS UNIVERSIDADE DO PORTO

Financiamento: FCT Fundação para a Ciência e a Tecnologia

INTRODUÇÃO

"Lixo" é a designação mais comum para descrever resíduos sólidos produzidos e descartados pelo Homem. Quando são depositados no meio ambiente, alguns destes resíduos podem demorar dezenas ou até mesmo centenas de anos para se degradarem. Consequentemente, o lixo vai-se acumulando nos solos, rios, mares e oceanos. Enquanto permanecem no ambiente, **estes resíduos representam uma ameaça** para a vida selvagem.

Tipos de lixo mais abundantes

A maioria do lixo presente nas praias e no meio aquático é composta de plástico. Em alguns locais, os plásticos chegam mesmo a representar mais de 80% do lixo marinho. Segundo a Associação para a Conservação dos Oceanos, os 10 itens mais frequentemente encontrados no ambiente durante ações de limpeza são feitos de plástico:

1. Pontas de cigarros;
2. Embalagens de comida;
3. Garrafas de bebidas;
4. Tampas de garrafas;
5. Sacos de compras;
6. Outros sacos;
7. Palhinhas e agitadores de bebidas;
8. Recipientes de plástico de venda de comida para fora (serviço *take away*);
9. Outras tampas;
10. Recipientes de esferovite de venda de comida para fora.

Figura 1 – Exemplo do tipo de lixo que se pode encontrar em praias: palhinhas e outros fragmentos de plástico de pequenas dimensões.

A maioria destes itens que fazem parte do "top 10" são plásticos de uso único, ou seja, plásticos que são utilizados apenas uma vez antes de serem descartados. Os sacos de compras, por exemplo, são usados apenas durante uns minutos, mas, uma vez depositados no meio ambiente, podem demorar centenas de anos para se degradarem!

Alguns impactos do lixo marinho...

Lesões físicas em animais selvagens

Atualmente, sabe-se que o lixo é ingerido por várias espécies marinhas de peixes, répteis, aves e mamíferos. Estudos recentes demostraram que a ingestão ocorre mesmo em áreas onde a poluição por resíduos sólidos é baixa. Uma vez ingerido, o lixo pode provocar lesões internas aos organismos, como a laceração e o bloqueio do trato digestivo.

Os animais podem também ficar emaranhados no lixo. Globalmente, foram já documentados episódios de emaranhamento para 136 espécies marinhas, incluindo répteis, aves e mamíferos. O emaranhamento pode reduzir a capacidade de nadar do animal, perturbar a sua alimentação e ainda provocar lesões externas graves.

Figura 2 – Tartaruga-verde (*Chelonia mydas*) presa numa rede de pesca abandonada.

Pesca fantasma

Quando os equipamentos de pesca (ex. redes de pesca) são perdidos acidentalmente ou abandonados, estes continuam a capturar e matar animais marinhos. Este fenómeno é conhecido como "pesca fantasma".

Alteração dos *habitats*

A acumulação de lixo pode induzir alterações físicas e químicas aos *habitats*, degradando áreas importantes de refúgio, reprodução e alimentação para várias espécies marinhas.

Impacto económico negativo

A poluição por resíduos sólidos afeta negativamente a economia de diferentes formas. Por exemplo, cerca de 90% das espécies capturadas pela pesca fantasma têm valor comercial, o que significa que este fenómeno pode resultar numa redução das capturas dos pescadores e, consequentemente, afetar os seus rendimentos. Por outro lado, a acumulação de lixo marinho em praias, reduz o valor estético destes locais, podendo diminuir a sua procura como destino turístico.

Figura 3 – Praia com lixo marinho.

Saúde humana?

Os plásticos de menores dimensões são os itens mais frequentemente ingeridos pelas espécies marinhas. Ao consumirmos peixes e outros animais que contenham plásticos no seu organismo, estes resíduos podem estar a ser transferidos para nós. No entanto, os impactos do plástico na saúde humana são ainda desconhecidos.

Você pode ajudar!

Para combater eficazmente este problema, é preciso trabalhar essencialmente em duas frentes:

⚠ **Diminuir a quantidade de lixo que é descartada de forma incorreta**

Você pode contribuir para este objetivo, diariamente, com pequenos gestos, como:

- Reduzir a utilização de plásticos, especialmente dos plásticos de uso único;
- Reutilizar o máximo de itens possível;
- Reciclar, em vez de depositar o lixo em contentores indiferenciados ou no meio ambiente.

⚠ **Remover os resíduos já existentes no ambiente**

Você pode ajudar participando em iniciativas locais de limpeza de praias e cursos de água.

Figura 4 – Participantes de uma ação local para a limpeza de uma praia.

Atividade "007: Missão Desplastificar"

A atividade "007: Missão Desplastificar" é mais do que uma iniciativa de limpeza de cursos de água! Ao realizar esta atividade, estará a recolher dados importantes sobre o lixo acumulado nas margens de rios e ribeiras. Toda a informação recebida será analisada pela equipa do projeto Natura +, para estudar a contribuição destes sistemas para o lixo que alcança os oceanos. Quanto melhor conhecermos este problema, melhor o conseguiremos gerir!

PLANEAMENTO

Onde e quando realizar esta atividade?

A atividade "007: Missão Desplastificar" pode ser realizada em **qualquer altura do ano**, nas **margens de cursos de água**. Desde pequenos ribeiros aos grandes rios portugueses, qualquer local é adequado! As características das margens podem também elas ser variada: pode escolher áreas com muita ou pouca vegetação e até mesmo praias fluviais. O que é importante é que as margens do curso de água sejam de fácil acesso para que seja possível desenvolver a atividade em segurança.

Figura 5 – Exemplos de locais adequados para realizar esta atividade.

No local que escolher, terá de delimitar um retângulo com, no mínimo, 10 metros de comprimento e 5 metros de largura. Para este efeito, pode assumir que cada passo seu mede 0,5 metros. Mas atenção: se estiver a pensar fazer esta atividade em conjunto com várias pessoas, o seu retângulo deverá ser maior! O retângulo deve ser paralelo ao curso de água e ficar o mais perto possível deste. Pode usar elementos naturais já existentes (ex. pedras ou árvores proeminentes) ou colocar objetos seus (ex. mochilas) para delimitar a área de intervenção enquanto realiza a atividade.

Material necessário

Para realizar esta atividade, vai precisar de levar consigo:

- Um **dispositivo móvel com GPS** (ex. telemóvel), para registar as coordenadas geográficas da área onde vai fazer a atividade. Se não tiver nenhum, pode utilizar um computador para aceder ao Google Maps mais tarde e assim obter as coordenadas geográficas do local (figura 6);
- Alguns **sacos do lixo** e **luvas**, para recolher todos os resíduos que encontrar;
- Uma **pinça de cabo longo**, para apanhar resíduos potencialmente perigosos (ex. vidros);
- A **lista de tipos de resíduos** (pág. 11-15), para conseguir identificar corretamente cada item que recolher;
- O **caderno de campo** (pág. 7-10) e um **lápis**, para registar as suas observações;

- Uma **máquina fotográfica**, para documentar o aspeto do seu local de estudo;
- Uma **balança**, para pesar a quantidade de lixo total que recolheu.

Figura 6 – Obtenção de coordenas GPS através do Google Maps. O primeiro valor que se encontra rodeado a vermelho em ambas estas figuras corresponde à latitude e o segundo à longitude. 6-A: Num dispositivo móvel, aceda à aplicação Google Maps e toque com o indicador no mapa, o mais próximo possível da sua localização atual, para criar um alfinete. Irá aparecer uma caixa com o nome do local e a morada. As coordenadas GPS aparecerão numa barra no topo do ecrã. 6-B: No *website*, procure o seu local de estudo no mapa e clique sob este com o botão direito do rato. Irá aparecer uma caixa com o nome do local, o código postal e as coordenadas GPS.

Precauções a tomar

- ⚠ Não realize esta atividade sozinho;
- ⚠ Certifique-se que pode aceder ao local de estudo, em segurança, através de sítios públicos. Se o local não for público, assegure-se que tem permissão dos proprietários para o frequentar;
- ⚠ Evite danificar a vegetação;
- ⚠ Tenha cuidado para não perturbar a vida selvagem durante a realização da atividade;
- ⚠ Não recolha resíduos potencialmente perigosos (ex. vidros, seringas) com as mãos! Se não tiver uma pinça de cabo comprido para manusear estes materiais, não os recolha.

CADERNO DE CAMPO

Data da saída de campo: ___/___/_____ Hora de início: ___:___h Hora de fim:___:___h

Número de participantes*:

* Nº de pessoas que contribuíram diretamente para os resultados registados neste caderno de campo.

Parte A | Descrição do local

1. Onde vai realizar esta atividade?

Área protegida da Rede Natura 2000:	

Pode consultar um mapa com todos os sítios da Rede Natura 2000 neste site: http://natura2000.eea.europa.eu/. Se a atividade não se realizar em nenhum sítio da Rede Natura 2000, escreva "Não se aplica"

Nome do curso de água:	

No local que escolheu, delimite um retângulo paralelo ao curso de água com, no mínimo, 10 metros de comprimento e 5 metros de largura (ajuste esta dimensão de acordo com o número de pessoas que for realizar a atividade). **Agora, indique as dimensões aproximadas da sua área de estudo e registe as coordenadas GPS de cada canto.**

Comprimento:		m	Largura:		m

		Latitude	Longitude
Delimitação do local (coordenadas GPS)	Ponto 1		
	Ponto 2		
	Ponto 3		
	Ponto 4		

2. Fotografe a sua área de estudo e também a paisagem em redor;

	Designação do ficheiro
Área de estudo	
Paisagem em redor	

3. Como está o tempo hoje?

4. Quão ventoso está o dia?

5. Como se caracteriza o local em termos de presença humana?

◯ Zona urbana ◯ Zona suburbana ◯ Zona rural

6. Qual das seguintes opções descreve melhor a área em redor do local de estudo?

◯ Campo agrícola ◯ Jardim ◯ Campo não cultivado/Pastagem
◯ Zona residencial ◯ Floresta ◯ Plantação florestal (ex. eucaliptal)
◯ Zona industrial ◯ Outra: _____

7. Assinale todos os seguintes elementos que consegue ver nas proximidades:

◯ Passadiços a menos de 20 m

◯ Cano de esgoto

◯ Pescadores

◯ Porto

◯ Praia fluvial

8. Quão distante fica a rua/estrada mais próxima?

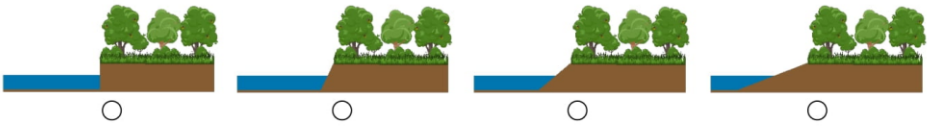
◯ A menos de 20 m ◯ 20 a 100 m ◯ A mais de 100 m

Nome da rua/estrada: _____

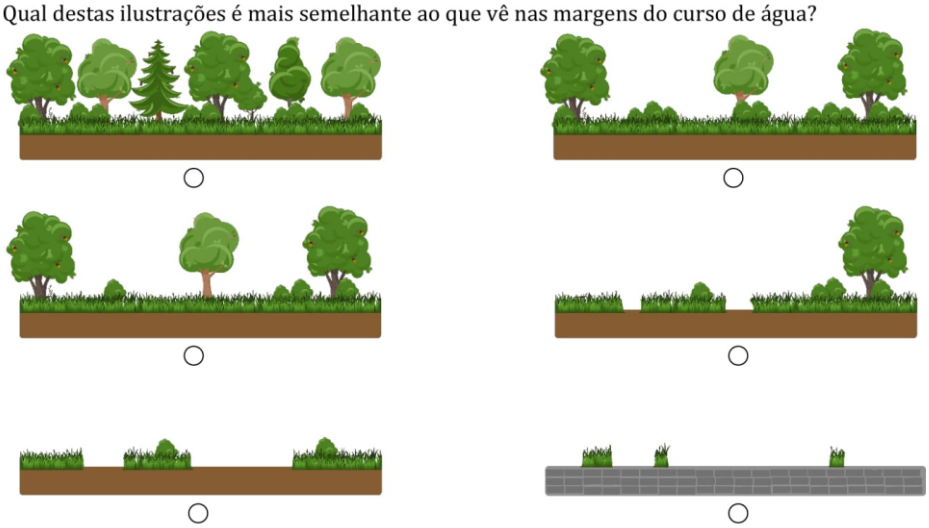
9. Que contentores para recolha do lixo existem no local?
Assinale todas as opções que se aplicam.

◯ Lixo indiferenciado ◯ Ecoponto verde (vidro) ◯ Ecoponto amarelo (metal/plástico)
◯ Nenhum ◯ Ecoponto azul (cartão/papel) ◯ Outros: _____

10. Como é o declive das margens do curso de água?



11. Qual destas ilustrações é mais semelhante ao que vê nas margens do curso de água?



Parte B | Recolha e identificação de resíduos

1. Equipe-se: coloque as luvas e pegue num saco do lixo;
2. Percorra a área que delimitou na Parte A e, sempre que vir lixo não submerso, apanhe-o e coloque-o no saco;
3. Quando terminar a limpeza do local, pese a quantidade total de resíduos que recolheu;
4. De seguida, identifique todos os itens com recurso à "Lista de tipos de resíduos" (pág. 11-15) e registe na coluna "Meu grupo" o número de itens que recolheu de cada tipo;
5. À medida que vai fazendo a identificação, separe todo o lixo que puder ser reciclado para, no fim da atividade, o colocar nos contentores adequados;
6. Se fez a atividade em conjunto com outras pessoas e houve mais grupos a recolher lixo no local que delimitou na Parte A, está na altura de juntarem os vossos resultados: na última coluna da "Lista de tipos de resíduos", indique o número total de itens encontrados de cada tipo;
7. Quando terminar a atividade, coloque o lixo que recolheu nos contentores apropriados.

Parte C | Interpretação de resultados

1. Qual a quantidade total de lixo que recolheu? ☐ kg

2. Quais foram os 10 itens encontrados em maior número no local?

1)	**2)**	**3)**	**4)**	**5)**
6)	**7)**	**8)**	**9)**	**10)**

3. Qual a principal origem do lixo?

◯ Pesca profissional/recreativa ◯ Indústria/Construção ◯ Caça
◯ Prática balnear ◯ Agricultura ◯ Esgoto
◯ Outra: _____

4. Acha que a maior parte do lixo encontrado foi depositado diretamente nas margens ou que foi arrastado pelo curso de água?

◯ Foi depositado nas margens ◯ Foi arrastado pelo curso de água ◯ Ambos

5. Que medidas tomaria para diminuir o lixo depositado no local de estudo?

1)
2)
3)

Parte D | Partilhar os resultados

Obrigada por realizar esta atividade. Esperamos que tenha gostado! Agora, não se esqueça de partilhar os seus resultados connosco. A informação que recolheu é muito importante para percebermos qual a contribuição dos cursos de água para o lixo que alcança os oceanos. Com a sua ajuda, estaremos um passo mais perto de melhor combater o problema do lixo marinho!

Submeta os seus resultados através da seguinte hiperligação:
https://www.natura-mais.com/partilhar-resultados

Obrigada por participar!

LISTA DE TIPOS DE RESÍDUOS

Nesta lista, encontra descritos os tipos mais comuns de resíduos que poderá encontrar durante a limpeza das margens de cursos de água. Os tipos de resíduos estão organizados em 8 tabelas, de acordo com o material constituinte: borracha, madeira processada/trabalhada, metal, papel/cartão, plástico, têxteis, vidro/cerâmica ou outros.

No fim da lista, encontra imagens ilustrativas de alguns tipos de resíduos que podem ser encontrados durante a atividade.

Tabela II – Tipos de itens feitos de borracha que poderão ser encontrados durante as limpezas.

Material	Designação geral	Meu grupo	TOTAL
Borracha	Balões e varas de balões		
	Bolas		
	Botas de borracha		
	Elásticos		
	Pneus e correias		
	Preservativos (incl. embalagem)		
	Outros		

Tabela III – Tipos de itens de madeira processada/trabalhada que poderão ser encontrados durante as limpezas.

Material	Designação geral	Meu grupo	TOTAL
Madeira processada / trabalhada	Caixas de peixe		
	Outras caixas		
	Cortiça		
	Paletes		
	Paus de gelado, palitos, pauzinhos de comida chinesa, garfos		
	Pincéis		
	Outros > 50 cm		
	Outros < 50 cm		

Tabela IV – Tipos de itens feitos de metal que poderão ser encontrados durante as limpezas.

Material	Designação geral	Meu grupo	TOTAL
Metal	Anilhas de latas de refrigerante, tampas de garrafas e frascos		
	Arames		
	Armadilhas para caranguejos e lagostas [1]		
	Cabos		
	Eletrodomésticos		
	Latas de aerossol e spray industriais (ex. sprays de tinta)		
	Latas de comida		
	Latas de refrigerante		
	Latas de tinta		
	Papel de alumínio, embrulhos de rebuçados / bombons		
	Pilhas		
	Pratos, copos, talheres		
	Sucata industrial		
	Utensílios de pesca (anzóis, pesos, iscos)		
	Outros < 50 cm		
	Outros > 50 cm		

Tabela V – Tipos de itens feitos de papel ou cartão que poderão ser encontrados durante as limpezas.

Material	Designação geral	Meu grupo	TOTAL
Papel / Cartão	Caixas de cartão (incl. fragmentos)		
	Caixas de tabaco		
	Copos e recipientes para bebidas		
	Embalagens e bandejas de comida		
	Embalagens Tetra Pack para leite		
	Outras embalagens Tetra Pack		
	Lenços de papel		
	Jornais e revistas		
	Sacos de papel		
	Outros		

Tabela VI – Tipos de itens feitos de plástico que poderão ser encontrados durante as limpezas.

Material	Categoria	Designação geral	Meu grupo	TOTAL
Plástico	Alimentação	Conjunto de anéis de plástico [2]		
		Copos		
		Embalagens de sal		
		Embrulho de rebuçados		
		Palhinhas e agitadores (ex. pau de café)		
		Paus de chupa-chupa		
		Recipientes de comida (incl. fast food)		
		Tabuleiros e talheres		
	Garrafas	Garrafas de bebidas > 0,5 L		
		Garrafas de bebidas ≤ 0,5 L		
		Garrafas e outros recipientes de detergentes		
		Garrafas e outros recipientes de óleo de motor		
		Garrafas e outros recipientes de produtos cosméticos		
		Outras garrafas		
	Tampas	Tampas de caneta		
		Tampas de copos		
		Tampas de detergentes e outros produtos químicos		
		Tampas de garrafas água ou refrigerantes		
		Outras tampas		
	Sacos	Sacos de batatas-fritas		
		Sacos de compras		
		Sacos de fertilizante ou de alimentação para animais		
		Sacos de malha para vegetais (ex. sacos de batatas)		
		Sacos para fezes de cão		
		Sacos pequenos (ex. sacos transparentes da fruta)		
		Outros sacos		
	Higiene e saúde	Ambientadores para sanita		
		Cotonetes		
		Fraldas		

Plástico	**Higiene e saúde**	Frascos de medicamentos		
		Pensos higiénicos e protetores diários para cuecas		
		Seringas e agulhas		
		Outros produtos de higiene		
	Luvas	Cirúrgicas		
		Lavar a loiça / limpezas		
		Profissionais / industriais		
	Tabaco	Bolsa de plástico que envolve as caixas de tabaco		
		Isqueiro		
		Pontas e filtros de cigarros		
	Pesca	Bóias para redes de pesca		
		Fio de pesca		
		Redes de pesca e fragmentos < 50 cm		
		Redes de pesca e fragmentos > 50 cm		
	Corda	Diâmetro < 1 cm		
		Diâmetro > 1 cm		
	Pedaços de plástico / polistireno	Pedaços < 2,5 cm		
		Pedaços entre 2,5 e 50 cm		
		Pedaços > 50 cm		
	Outros	Baldes		
		Brinquedos e acessórios de festa		
		Calçado (ex. crocs, chinelos)		
		Canetas		
		Cartuchos de espingarda		
		CDs, DVDs e respetivas caixas		
		Fita-cola		
		Fitas		
		Folhas de plástico, Material de empacotamento industrial [3]		
		Lonas usadas em agricultura		
		Pellets industriais [4]		
		Vasos de plástico		
		Plásticos não reconhecíveis		
		Outros plásticos		

Tabela VII – Tipos de têxteis que poderão ser encontrados durante as limpezas.

Material	Designação geral	Meu grupo	TOTAL
Têxteis	Calçado		
	Carpetes, cortinas, estofados, revestimento de pavimentos		
	Roupa		
	Outros (incl. trapos)		

Tabela VIII – Tipos de itens feitos de vidro que poderão ser encontrados durante as limpezas.

Material	Designação geral	Meu grupo	TOTAL
Vidro / Cerâmica	Garrafas (incl. fragmentos)		
	Lâmpadas fluorescentes em tubo		
	Outras lâmpadas		
	Materiais de construção (tijolos, cimento, canos)		
	Outros itens de cerâmica		
	Outros itens de vidro		

Tabela IX – Outros itens que poderão ser encontrados durante as limpezas.

Material	Designação geral	Meu grupo	TOTAL
Outros	Outros itens médicos (ex. pensos rápidos)		
	Parafina, cera (ex. velas)		
	Tampões e aplicadores		

Figura 7 – Imagens ilustrativas de alguns tipos de resíduos que podem ser encontrados durante as limpezas.

BIBLIOGRAFIA

Bruge, A., Barreau, C., Carlot, J., Collin, H., Maison, P. & Moreno, C. (2018). Monitoring litter inputs from the Adour River (Southwest France) to the marine environment. *Journal of Marine Science and Engineering*, **6(1)**: 24. doi:10.3390/jmse6010024

Comissão Europeia (2013). *Guidance on monitoring of marine litter in european seas*. Luxemburgo: Publications Office of the European Union. doi:10.2788/99475

Derraik, J.G.B. (2002). The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. *Marine Pollution Bulletin*, **44(9)**: 842-852. doi:10.1016/S0025-326X(02)00220-5.

Eriksen, M., Lebreton, L.C.M., Carson, H.S., Thiel, M., Moore, C.J., Borerro, J.C., Galgani, F., Ryan, P.G. & Reisser, J. (2014). Plastic pollution in the world's wceans: more than 5 trillion plastic pieces weighing over 250,000 tons afloat at sea. *PLoS ONE*, **9(12)**: e111913. doi:10.1371/journal.pone.0111913

Halden, R.U. (2010). Plastics and health risks. *Annual Review of Public Health*, **31**: 179-94. doi:10.1146/annurev.publhealth.012809.103714

Jeffrey, C.F.G., Havens, K.J., Slacum Jr., H.W., Bilkovic, D.M., Zaveta, D., Scheld, A.M., Willard, S. & Evans, J.D. (2016). *Assessing ecological and economic effects of derelict fishing gear: a guiding framework*. Silver Spring, USA: NOAA Marine Debris Program.

National Oceanic and Atmospheric Administration Marine Debris Program (2014). *Report on the occurrence and health effects of anthropogenic debris ingested by marine organisms*. Silver Spring, USA: NOAA Marine Debris Program.

National Oceanic and Atmospheric Administration Marine Debris Program (2014). *Report on the entanglement of marine species in marine debris with an emphasis on species in the United States*. Silver Spring, USA: NOAA Marine Debris Program.

National Oceanic and Atmospheric Administration Marine Debris Program (2016). *Report on marine debris impacts on coastal and benthic habitats*. Silver Spring, USA: NOAA Marine Debris Program.

National Oceanic and Atmospheric Administration Marine Debris Program (2015). *Report on the impacts of "ghost fishing" via derelict fishing gear*. Silver Spring, USA: NOAA Marine Debris Program.

Ocean Conservancy & International Coastal Cleanup (2018). *Building a clean swell: 2018 report*. Acedido a 30 de setembro de 2018, em: http://ow.ly/oKrn50jh34U

UNEP (2018). *Single-use plastics: a roadmap for sustainability*. ISBN: 978-92-807-3705-9

CRÉDITOS

Figuras numeradas

Figura 1 – fotografia original de Michael Clarke, disponibilizada sob a licença CC BY-SA 2.0 em https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cordoama_tidewrack_01_(15332587923).jpg

Figura 2 – fotografia original de Doug Helton – NOAA/NOS/ORR/ERD, disponibilizada sob a licença CC0 em https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sea_turtle_entangled_in_a_ghost_net.jpg

Figura 3 – fotografia original de Vaidehi Shah, disponibilizada sob a licença CC BY 2.0 em https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Litter_on_Singapore%27s_East_Coast_Park.jpg

Figura 4 – fotografia original de Ashley Spratt – USFWS, disponibilizada sob a licença CC BY 2.0 em http://ow.ly/hNVo50jhRh9

Figura 5, primeira foto – fotografia original de Günther Schneider, disponibilizada sob a licença CC0 em https://pixabay.com/en/tree-nature-waters-lake-river-3183565/

Figura 5, segunda foto – fotografia original de Manfred Richter, disponibilizada sob a licença CC0 em https://pixabay.com/en/landscape-lake-trees-grass-bank-2049693/

Figura 5, terceira foto – fotografia original de Hans Benn, disponibilizada sob a licença CC0 em https://pixabay.com/en/landscape-river-clouds-bank-water-1635067/

Figura 5, quarta foto – recortada da fotografia original de Мария Аверьянова, disponibilizada sob a licença CC0 em https://pixabay.com/en/volga-russia-river-water-sky-2695703/

Figura 5, quinta foto – fotografia original de Hans Braxmeier, disponibilizada sob a licença CC0 em https://pixabay.com/en/ulm-danube-river-water-m%C3%BCnster-1194719/

Figura 5, sexta foto – fotografia original de Victor, disponibilizada sob a licença CC0 em https://pixabay.com/en/nature-altai-mountain-altai-3484339/

Figura 6 – mapa da autoria de Google & Instituto Geográfico Nacional

Figura 7.1 – fotografia original de Brigitte Werner, disponibilizada sob a licença CC0 em https://pixabay.com/en/cages-lobster-fishery-water-shore-54954/

Figura 7.2 – fotografia original de Staecker, disponibilizada em domínio público (PDM) em https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Six_pack_rings.JPG

Figura 7.3 – fotografia original de Pete Linforth, disponibilizada sob a licença CC0 em https://pixabay.com/en/bubble-wrap-plastic-wrapping-bubble-298777/

Figura 7.4 – fotografia original de Cjp24, disponibilizada sob a licença CC BY-SA 3.0 em https://commons.wikimedia.org/wiki/File:EVA_granule.jpg

Figuras não numeradas

Imagem da capa – Rio: recortada da fotografia original de Kevin Yank, disponibilizada sob a licença CC BY-NC 2.0 em https://www.flickr.com/photos/sentience/11731746134/

Imagem da capa – Guarda-rios: fotografia original de Andy Morffew, disponibilizada sob a licença CC BY 2.0 em https://www.flickr.com/photos/andymorffew/29782438688/

Imagem da capa – Microplásticos: recortada da fotografia original de Chesapeake Bay Program, disponibilizada sob a licença CC BY-NC 2.0 em http://ow.ly/knjc50jeEtI

Pág. 8, Passadiços: fotografia original de Pedro Caetano, disponibilizada sob a licença CC BY 2.0 em http://ow.ly/Bq5S50jh3nT

Pág. 8, Cano de esgoto: fotografia da autoria de Jodie C., disponibilizada sob a licença CC BY-ND 2.0 em https://www.flickr.com/photos/jodcol/9693686708/

Pág. 8, Pescadores: fotografia original de Free-Photos, disponibilizada sob a licença CC0 em https://pixabay.com/en/fishing-reel-casting-water-river-1081734/

Pág. 8, Porto: fotografia original de alchen_x, disponibilizada sob a licença CC BY-SA 2.0 em http://ow.ly/PKHJ50jh3of

Pág. 8, Praia fluvial: fotografia original de Free-Photos, disponibilizada sob a licença CC0 em https://pixabay.com/en/lake-sand-beach-water-summer-692182/

O mundo secreto dos peixes
Natura

NATURA +

A Natura + é um projeto que pretende dar ao público a **oportunidade de se colocar na pele de um cientista** para **explorar a vida selvagem** de Portugal.

Será que existem lontras neste rio? Quantos morcegos nasceram nesta colónia?

Descobre tu mesmo!

As questões anteriores (e muitas mais!) **podem ser investigadas por qualquer cidadão curioso**, com recurso aos materiais disponibilizados pelo projeto Natura +. Ao todo são cinco as temáticas abordadas: peixes, lontras, morcegos, qualidade do solo e poluição por resíduos sólidos. Podes consultar as restantes atividades em: https://www.natura-mais.com/atividades

Ao realizar qualquer uma das nossas atividades, estás a **recolher dados valiosos** que permitirão tirar conclusões acerca do estado de conservação da biodiversidade e a evolução dos seus principais fatores de ameaça em Portugal. Por isso, é muito importante que **partilhes os teus resultados connosco** através da seguinte hiperligação: https://www.natura-mais.com/partilhar-resultados

Faz parte deste projeto. A Natureza agradece e nós também!

REDE NATURA 2000

A Natura 2000 é uma **rede de áreas protegidas** gerida de forma coordenada pela Comissão Europeia e os Estados Membros. Atualmente, ela engloba mais de 27 000 áreas protegidas, que ocupam cerca de 18% da área terrestre da União Europeia (UE) mais 6% da sua área marinha.

A Rede Natura 2000 é a principal estratégia da UE para **combater o problema da perda de biodiversidade**, que está a ocorrer a um ritmo alarmante. Através dela, a UE pretende garantir a preservação a longo-prazo de todas as espécies e *habitats* de interesse Europeu. Para isso, os Estados Membros comprometeram-se a tomar as medidas necessárias para manter ou recuperar o bom estado de conservação dos sítios Natura 2000 e a monitorizá-los regularmente. Em **Portugal**, existem **158 áreas protegidas** que integram a Rede Natura 2000. Podes descobrir mais sobre esta rede internacional em: http://natura2000.eea.europa.eu/

Neste contexto, a **Natura +** assume-se como uma **ferramenta útil para monitorizar esta rede**, com o objetivo máximo de contribuir para o sucesso desta iniciativa de conservação.

Se visitares algum dos sítios da Rede Natura 2000, faz uma das nossas atividades.

Promotores: cesam universidade de aveiro centro de estudos do ambiente e do mar; ciimar Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental; Produção Agroalimentar Sustentável Centro de Investigação GREEN UP PORTO; U.PORTO FACULDADE DE CIÊNCIAS UNIVERSIDADE DO PORTO
Financiamento: FCT Fundação para a Ciência e a Tecnologia

INTRODUÇÃO

Os **cursos de água são essenciais para o bem-estar das sociedades humanas**, pois fornecem serviços de ecossistema muito importantes, como a disponibilização de água potável, a produção de alimento e a geração de energia. Contudo, estes ecossistemas estão cada vez mais ameaçados a nível mundial. Em Portugal, os dados mais recentes indicam que **28% dos rios no continente** apresentam uma **qualidade má ou muito má** e que 39% estão num estado razoável. Apenas 33% dos rios têm uma qualidade boa ou excelente. Atualmente, os fatores que mais afetam negativamente os cursos de água são as **alterações do *habitat*** (ex. presença de barragens), a **poluição** e as **espécies exóticas invasoras**. Assim, é de extrema relevância monitorizar a progressão destas ameaças e agir de forma a mitigar o seu impacto nos cursos de água.

Serviços de ecossistema

Aos benefícios que o Homem obtém da Natureza é dada a designação de "serviços de ecossistema". Os rios e ribeiras fornecem variados serviços de ecossistemas, entre os quais:

- **A disponibilização de água**
  Grande parte da água potável que o Homem consome diariamente é proveniente dos cursos de água.
- **A produção de energia elétrica**
  As barragens são capazes de gerar energia hídrica, que pode ser aproveitada para produzir eletricidade.
- **A disponibilização de *habitat* e o fornecimento de alimento**
  Os rios e ribeiras são habitados por uma grande diversidade de organismos aquáticos, incluindo peixes, bivalves e crustáceos que fazem parte da dieta humana.
- **A manutenção de zonas de lazer**
  Os cursos de água são também locais muito procurados para a prática de atividades lúdicas, como a pesca desportiva, a prática balnear e caminhadas à beira-rio.

Principais ameaças

A nível mundial, os fatores que mais ameaçam os cursos de água são a alteração do *habitat*, a poluição e a introdução de espécies exóticas invasoras.

Alterações do *habitat*
A presença de barreiras artificiais em cursos de água (ex. barragens, açudes, represas) impede a passagem dos peixes. Esta situação é especialmente preocupante para as espécies migradoras, que precisam de se dirigir ao mar ou à nascente de um rio para se conseguirem reproduzir. Quando existe um obstáculo intransponível, estas espécies não se reproduzem e,

Figura 1 – Barragem do Rio Cabril (bacia hidrográfica do Rio Douro).

consequentemente, as suas populações vão diminuindo ao longo dos anos. Uma das soluções que tem sido implementada em Portugal para tentar contornar este problema é a incorporação de passagens para peixes nas barragens, contudo esta opção tem-se revelado pouco eficaz. Adicionalmente, a presença de barragens, açudes e represas altera as características físicas e biológicas do curso de água, tornando-o menos adequado para as espécies que lá existem.

Figura 2 – Passagem para peixes.

Poluição

A poluição altera de forma relevante as características físico-químicas do meio aquático. Quando um rio começa a ficar contaminado, as espécies mais sensíveis à contaminação são as primeiras a desaparecer. Atualmente, o excesso de nutrientes é uma das principais preocupações no que diz respeito à poluição dos ecossistemas de água doce.

Figura 3 – Curso de água poluído com excesso de nutrientes.

Espécies exóticas invasoras

As espécies exóticas são organismos que, devido à ação humana, foram introduzidos num local onde previamente não existiam e de onde não são nativos. Quando as espécies exóticas têm impactos negativos na vida selvagem local, dizem-se que estas são invasoras.

Por exemplo, o peixinho-vermelho (*Carassius auratus*) é nativo do continente asiático, mas atualmente já se encontra introduzido em muitos rios e lagos de Portugal. Hoje em dia, sabe-se que esta espécie provoca vários efeitos negativos nos locais onde é introduzida, incluindo a redução das populações de peixes nativos através da predação dos seus ovos e larvas. Por isso, o peixinho-vermelho é considerado uma espécie exótica invasora em território nacional.

Figura 4 – Peixinho-vermelho (*Carassius auratus*).

Tu podes ajudar!

Em Portugal, o estado de conservação da maioria dos rios encontra-se longe do ideal. As análises químicas mais recentes mostram que a qualidade da água é apenas excelente ou boa em cerca de 33,4% dos rios portugueses. Além disso, os peixes que habitam água doce são o grupo de vertebrados mais ameaçados em território nacional: mais de 60% das espécies estão em risco de extinção. Com a atividade "O mundo secreto dos peixes" pretende-se monitorizar a abundância das diferentes espécies de peixes através de filmagens subaquáticas, assim como ter uma ideia do grau de perturbação humana a que os rios estudados estão sujeitos. Toda a informação recebida será analisada pela a equipa do projeto "Natura +" para avaliar o estado ecológico dos rios portugueses.

Figura 5 – Aspeto das filmagens que serão obtidas e analisadas pelos estudantes no âmbito desta atividade.

PLANEAMENTO

Onde e quando realizar esta atividade?

A atividade "O mundo secreto dos peixes" deve ser implementada em cursos de água de baixa profundidade (< 0,6 m), em zonas com corrente fraca. Para escolheres o local exato que vais estudar, deves ter em atenção que o curso de água deve ser facilmente acessível através das margens.

Esta atividade pode ser realizada em qualquer altura do ano, mas os melhores resultados obtêm-se na Primavera e no Outono.

Figura 6 – Exemplo de um local adequado para realizar a atividade "O mundo secreto dos peixes".

Material necessário

Para realizares esta atividade, vais precisar de levar contigo:

- Um **dispositivo móvel com GPS*** (ex. telemóvel), para registares a localização exata do local onde vais fazer a atividade. Se não tiveres nenhum, podes utilizar um computador para aceder ao Google Maps mais tarde (figura 7).

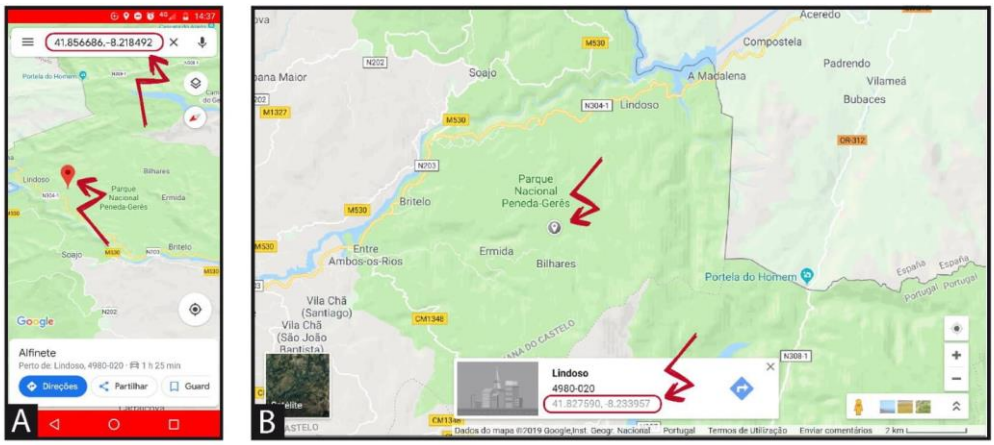


Figura 7 – Obtenção de coordenas GPS através do Google Maps. O primeiro valor que se encontra rodeado a vermelho em ambas estas figuras corresponde à latitude e o segundo à longitude. 7-A: Num dispositivo móvel, acede à aplicação Google Maps e toca com o indicador no mapa, o mais próximo possível da tua localização atual, para criar um alfinete. Irá aparecer uma caixa com o nome do local e a morada. As coordenadas GPS aparecerão numa barra no topo do ecrã. 7-B: No *website*, procura o teu local de estudo no mapa e clica sob este com o botão direito do rato. Irá aparecer uma caixa com o nome do local, o código postal e as coordenadas GPS.

- O **caderno de campo** (pág. 7-12) e um **lápis**, para registares as tuas observações;

- Uma **máquina fotográfica**, para documentares as características da paisagem em redor do teu local de estudo;
- Uma ou mais **câmaras de ação subaquáticas**[1], para filmar os peixes presentes no curso de água;
- Para medires algumas propriedades físico-químicas do curso de água, irás ainda precisar de:
  - Um termómetro para piscinas (escala: 0°C a 30°C);
  - Uma ou mais tiras de pH;
  - Uma casca de laranja;
  - Uma garrafa de água vazia de 1,5 L;
  - Um disco "Natura +";
  - Uma fita-métrica;
  - Um cordel;
  - Um cronómetro;
  - Um copo.

Mais tarde, já na sala de aula, vais precisar de ter contigo:

- Um **computador**, para poderes visualizar e analisar as filmagens que gravaste;
- O **nosso guia de peixes** (pág. 17-27), para conseguires identificar corretamente as espécies que estão presentes na tua área de estudo.

Precauções a tomar

⚠ Não realizes esta atividade sozinho;
⚠ Certifica-te que podes aceder ao local de estudo, em segurança, através de sítios públicos ou que tens permissão dos proprietários para aceder ao curso de água através dos seus terrenos;
⚠ Evita danificar a vegetação;
⚠ Tem cuidado para não perturbares a vida selvagem durante a realização da atividade;
⚠ Depois de terminares a atividade, todo o material que esteve dentro de água deve ser limpo com álcool a 70% e, posteriormente, deve ser posto a secar. Não utilizes este material noutro rio ou lago sem antes o desinfetar!

[1] Câmaras subaquáticas sugeridas: EKEN H9. Preço por câmara: 38 a 60 €.

CADERNO DE CAMPO

Data da saída de campo: ___/___/_____ Hora de início: ___:___h Hora de fim:___:___h

Número de participantes*:

* Nº de pessoas que contribuíram diretamente para os resultados registados neste caderno de campo.

Parte A | Descrição do local

1. Onde vais realizar esta atividade?

Área protegida da Rede Natura 2000:	

Podes consultar um mapa com todos os sítios da Rede Natura 2000 neste site: http://natura2000.eea.europa.eu/.
Se a atividade não se realizar em nenhum sítio da Rede Natura 2000, escreve "Não se aplica"

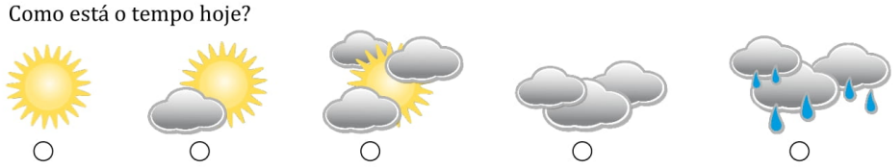
Freguesia:	

	Latitude	Longitude
Coordenadas GPS do local:		

2. Fotografa o local onde irás colocar a câmara (área de estudo) e também a paisagem em redor;

	Designação do ficheiro
Área de estudo	
Paisagem em redor	

3. Como está o tempo hoje?



○ ○ ○ ○ ○

4. Quão ventoso está o dia?

○ ○ ○ ○

5. Como se caracteriza o local em termos de presença humana?

○ Zona urbana ○ Zona suburbana ○ Zona rural

6. Qual das seguintes opções descreve melhor a área em redor da ponte?

○ Campo agrícola ○ Jardim ○ Campo não cultivado/Pastagem
○ Zona residencial ○ Floresta ○ Plantação florestal (ex. eucaliptal)
○ Zona industrial ○ Outra: _____

7. Assinala todos os sinais de poluição que consegues ver nas proximidades:

○ Lixo

○ Crescimento descontrolado de algas

○ Chaminés industriais

○ Espuma

○ Cano de esgoto

○ ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuais

○ Estrada a menos de 20 m

○ Porto

Outros

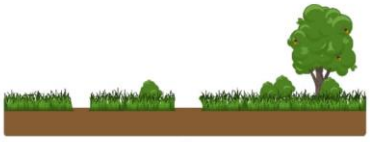
○ Outros, nomeadamente: _____

8. Qual destas ilustrações é mais semelhante ao que vês nas margens do curso de água?

○

○

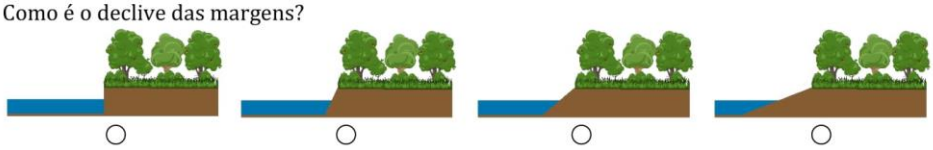
○


○

○

○

7. Como é o declive das margens?



9. Qual é a profundidade máxima aproximada do curso de água no local em que te encontras?

○ < 0,5 metros ○ Entre 0,5 e 1 metro ○ Não vejo o fundo

10. Qual é a largura máxima aproximada da linha de água nessa zona?

○ < 1 metro ○ Entre 1 e 2 metros ○ Entre 2 e 5 metros ○ Entre 5 e 20 metros ○ > 20 metros

11. Qual é a velocidade da corrente do curso de água? ☐

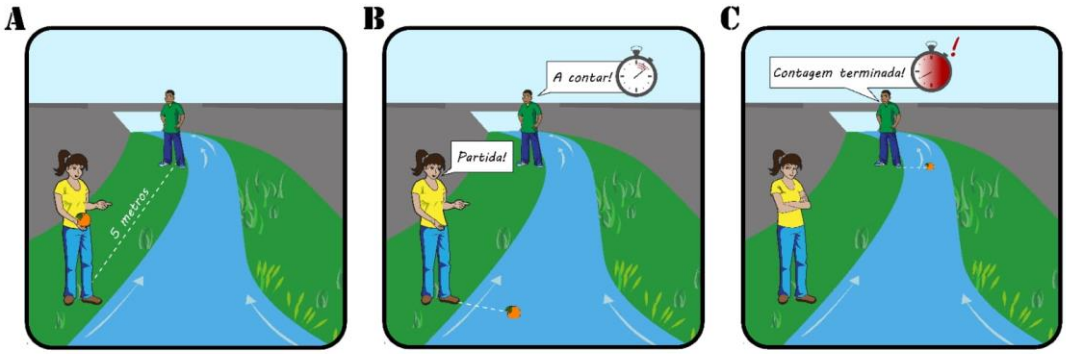


Figura 8 – Como determinar a velocidade da corrente num curso de água. Nesta figura, as setas no curso de água indicam o sentido da corrente. 8-A: Aproxima-te o mais possível do leito do rio e pede a um colega que faça o mesmo, a 5 metros de distância da tua posição. Podes usar uma fita-métrica e um cordel para medir corretamente a distância entre vocês. 8-B: Quando ambos estiverem posicionados, coloca uma casca de laranja no leito do rio ao mesmo tempo que gritas "Partida!". Ao ouvir este grito, o teu colega deverá imediatamente iniciar a contagem do cronómetro. 8-C: A contagem deve ser finalizada assim que a casca passar por ele. Repete este exercício 3 vezes, calcula o valor médio e regista-o na questão A-11.

Parte B | Medição de parâmetros físico-químicos

1. Qual é o pH da água?

   Enche um copo com a água do rio/ribeira até esta perfazer uma altura de 5 cm. Mergulha a tira de pH no copo durante 3 segundos. Retira a tira do copo e espera 2 minutos para que a cor final se forme.

   ○ 1 ○ 2 ○ 3 ○ 4 ○ 5 ○ 6 ○ 7
   ○ 8 ○ 9 ○ 10 ○ 11 ○ 12 ○ 13 ○ 14

2. Qual é a temperatura da água? ☐ °C

   Coloca o termómetro na água, aguarda 5 minutos e regista a temperatura medida.

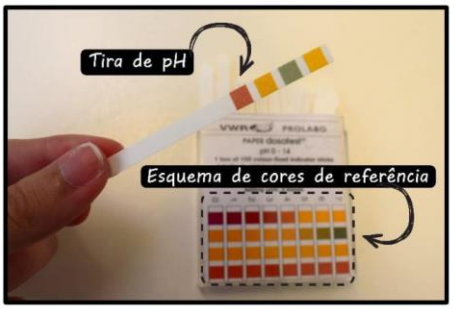


Figura 9 – Exemplo de tiras de pH. Neste caso, a parte colorida da tira deve ser mergulhada no copo. Passados 2 minutos, as cores da tira devem ser comparadas com o esquema de cores de referência presente na caixa, para descobrir qual o pH da água.

3. Quão transparente é a água?

(3.1) Enrola o **disco "Natura +"** de forma a que consigas inseri-lo através do gargalo numa garrafa vazia de 1,5 L. **(3.2)** Certifica-te de que a face com os logótipos está virada para cima. **(3.3)** Enche a garrafa com água do rio/ribeira até perfazer uma altura de 25 cm. **(3.4)** Deixa a garrafa repousar durante 1 minuto. Depois, olha pelo topo da garrafa, conta o número de logotipos que consegues ver e regista esse valor nesta questão.

○ 0 ○ 1 ○ 2 ○ 3 ○ 4 ○ 5 ○ 6 ○ 7 ○ 8 ○ 9 ○ 10 ○ 11 ○ 12

Parte C | Posicionamento da câmara de ação subaquática

1. Verifica se a câmara tem a bateria cheia e se o cartão de memória está inserido (figura 10-I);
2. Fixa a câmara dentro da gaiola, liga-a e clica no botão que dá início à gravação de vídeos;

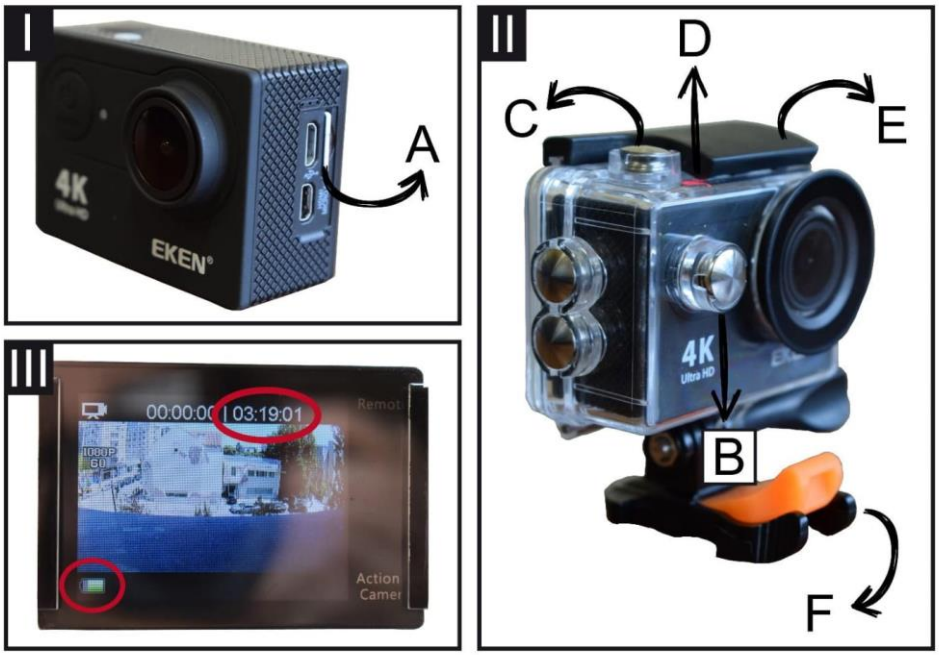


Figura 10 – Funcionamento das câmaras de ação subaquáticas. Legenda: I – Câmara; II – Câmara dentro da carcaça impermeável; III – Ecrã da câmara; A – Cartão de memória; B – Botão de ligar/desligar; C – Botão para iniciar a gravação de vídeo; D – A luz vermelha indica que a câmara está a filmar; E – Peça que permite a abertura e o fecho da carcaça; F – Peça que faz o encaixe na jaula. Na figura 10-III, estão rodeados a vermelho a bateria disponível e os minutos de vídeo que é possível gravar com o atual cartão de memória.

3. Desce cuidadosamente a gaiola (figura 11) até ao leito do rio e assegura-te que:
   - A gaiola fica completamente submersa;
   - A gaiola fica posicionada o mais próxima possível de uma das margens;
   - A lente da câmara fica ligeiramente virada para o sentido da nascente;
   - Não existe nenhum obstáculo (ex. grandes pedras) no campo de visão da câmara;
   - A corda fica bem presa na margem.

4. Depois de posicionares a câmara corretamente no leito do rio, tens de aguardar 45 minutos. Durante este período de tempo, podes completar a parte D deste caderno de campo!

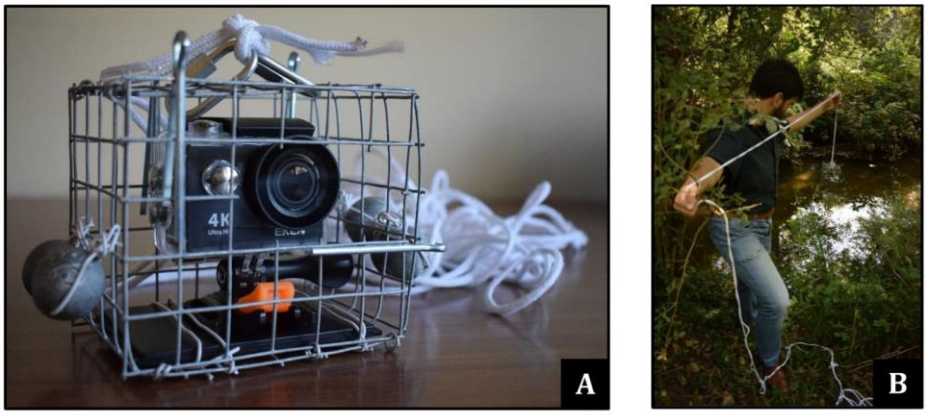


Figura 11 – Câmara de ação subaquática montada no interior da gaiola (A) e a ser colocada no leito de um rio (B).

5. Passados os 45 minutos, pega na corda e puxa, com cuidado, a gaiola para a margem;
6. Após finalizada a atividade, todo o material que foi submerso tem de ser desinfetado com álcool.

Parte D | Deteção de espécies exóticas invasoras pelas margens

1. Durante 10 minutos, perto do local onde colocaste a câmara, procura exemplares de lagostim-vermelho-do-Louisiana (*Procambarus clarkii*) e de jacinto-de-água (*Eichhornia crassipes*) nas margens e no leito do rio;

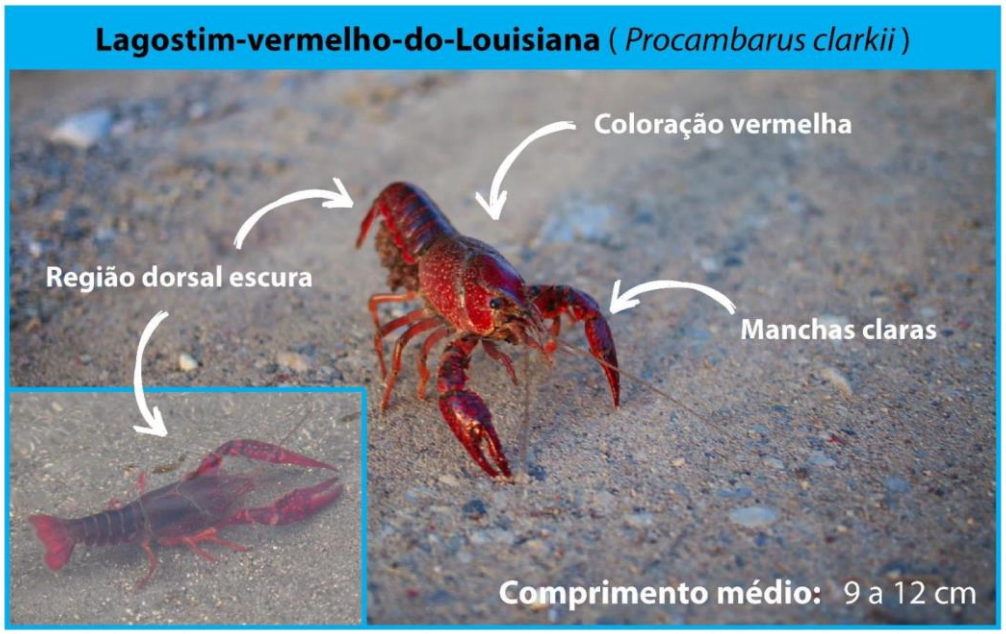


Figura 12 – Características que permitem o reconhecimento do lagostim-vermelho-do-Louisiana (*Procambarus clarkii*). Esta espécie é nativa da América do Norte e provoca marcados impactes negativos nos ecossistemas aquáticos (ex. redução da abundância de peixes por predação) e, por isso, é considerada invasora em Portugal.

Figura 13 – O jacinto-de-água (*Eichhornia crassipes*) é planta flutuante de folhas verdes-brilhantes e com flores azuis ou lilás. Esta espécie é nativa da América do Sul e afeta negativamente os ecossistemas aquáticos (ex. forma tapetes que podem cobrir por completo a superfície da água, alterando as condições físico-químicas do meio aquático) e, por isso, é considerada invasora em Portugal.

2. Encontraste jacintos-de-água? ○ Sim ○ Não

3. Quantos lagostins-vermelhos-do-Louisiana viste?

	Quantidade
Lagostins vivos	
Restos de lagostins (nº de cabeças)	

4. Fotografa alguns dos lagostins e dos jacintos-de-água que encontraste.

	Designação do ficheiro
Lagostim-vermelho-do-Louisiana	
Jacinto-de-água	

ANÁLISE DOS DADOS

Data de realização: ___/___/_____ Hora de início: __:__h Hora de fim: __:__h

Número de participantes*:

* Nº de pessoas que contribuíram diretamente para a análise dos resultados aqui registados.

Parte A | Análise das filmagens subaquáticas

1. Indica o nome do ficheiro que vais analisar: _____ ;
2. Começa por visualizar o vídeo todo, com uma velocidade de 2x ou 3x;
3. Pausa o vídeo sempre que vires uma espécie de peixe diferente, identifica-a (guia de identificação em anexo) e regista o seu nome científico na tabela II (pág. 15-16);
4. Agora, visualiza apenas os primeiros 30 segundos do vídeo e regista, para cada espécie, o máxN;

> ! **máxN:** número máximo de indivíduos que vês no ecrã ao mesmo tempo

5. Repete o passo anterior para os 30 segundos seguintes e assim sucessivamente até chegares ao final do vídeo;
6. Calcula o **valor médio de máxN** (MmáxN) para cada espécie e regista-a na tabela II.

Parte B | Interpretação de resultados

1. Determina os seguintes parâmetros:
   - **Percentagem de espécies nativas detetadas;**
     (Número de espécies nativas ÷ Número total de espécies) x 100
   - **Percentagem de indivíduos pertencentes a espécies nativas;**
     (Soma do MmáxN de cada espécie nativa ÷ Soma do MmáxN de todas as espécies) x 100
   - **Percentagem de indivíduos pertencentes a espécies tolerantes;**
     (Soma do MmáxN de cada espécie muito tolerante ÷ Soma do MmáxN de todas as espécies) x 100
   - **Percentagem de indivíduos pertencentes a espécies invertívoras pelágicas.**
     (Soma do MmáxN de cada espécie invertívora pelágica ÷ Soma do MmáxN de todas as espécies) x 100
2. Tendo em conta os parâmetros que calculaste, completa a tabela II, que se encontra na página seguinte!
3. Quão perturbado achas que está o curso de água que estudaste?

   ◯ Muito perturbado ◯ Nível intermédio de perturbação ◯ Pouco perturbado

Tabela I | Variação dos parâmetros avaliados de acordo com o grau de perturbação do local de estudo.

Parâmetros	Nível de perturbação do curso de água			Curso de água estudado (pontos)
	Elevado (1 ponto)	**Intermédio** (3 pontos)	**Baixo** (5 pontos)	
% espécies nativas	< 33%	33 – 67%	> 67%	
% indivíduos de espécies nativas	< 70%	70 – 90%	> 90%	
% indivíduos de espécies tolerantes	> 60%	25 – 60%	< 25%	
% indivíduos de espécies invertívoras pelágicas	< 20%	20 – 60%	> 60%	
Nº de indivíduos da espécie *Procambarus clarkii*	> 10	5 – 10	< 5	
TOTAL	**19 – 25 pontos**	**11 – 18 pontos**	**19 – 25 pontos**	

Parte C | Partilhar os resultados

Obrigada por realizares esta atividade. Esperamos que tenhas gostado! Agora, não te esqueças de partilhar os teus resultados connosco. A informação que recolheste é muito importante para percebermos qual a contribuição dos cursos de água para o lixo que alcança os oceanos. Com a tua ajuda, estaremos um passo mais perto de melhor combater o problema do lixo marinho!

Submete os teus resultados através da seguinte hiperligação:
https://www.natura-mais.com/partilhar-resultados

Obrigada por participares!

Tabela II – Espécies de peixes observadas nas filmagens subaquáticas e respetiva abundância

Espécies	máxN																		
	0 - 30 s	30 - 60 s	1 - 1:30 min	1:30 - 2 min	2 - 2:30 min	2:30 - 3 min	3 - 3:30 min	3:30 - 4 min	4 - 4:30 min	4:30 - 5 min	5 - 5:30 min	5:30 - 6 min	6 - 6:30 min	6:30 - 7 min	7 - 7:30 min	7:30 - 8 min	8 - 8:30 min	8:30 - 9 min	9 - 9:30 min	9:30 - 10 min

Espécies	máxN																			
	10 - 10:30 min	10:30 - 11 min	11 - 11:30 min	11:30 - 12 min	12 - 12:30 min	12:30 - 13 min	13 - 13:30 min	13:30 - 14 min	14 - 14:30 min	14:30 - 15 min	15 - 15:30 min	15:30 - 16 min	16 - 16:30 min	16:30 - 17 min	17 - 17:30 min	17:30 - 18 min	18 - 18:30 min	18:30 - 19 min	19 - 19:30 min	19:30 - 20 min

Espécies	máxN																				MmáxN
	20 - 20:30 min	20:30 - 21 min	21 - 21:30 min	21:30 - 22 min	22 - 22:30 min	22:30 - 23 min	23 - 23:30 min	23:30 - 24 min	24 - 24:30 min	24:30 - 25 min	25 - 25:30 min	25:30 - 26 min	26 - 26:30 min	26:30 - 27 min	27 - 27:30 min	27:30 - 28 min	28 - 28:30 min	28:30 - 29 min	29 - 29:30 min	29:30 - 30 min	

Guia de peixes
da bacia hidrográfica do Rio Lima

Este guia permite identificar todas as espécies nativas de peixes que habitam a bacia hidrográfica do Rio Lima, assim como algumas espécies exóticas que podem ter sido aqui introduzidas pelo Homem. O guia está dividido em três seções:

- **Chaves de identificação:** ferramenta a utilizar para identificar as espécies de peixes descritas nas seções seguintes;
- **Espécies nativas:** espécies de peixes que ocorrem naturalmente na bacia hidrográfica do Rio Lima;
- **Espécies exóticas:** espécies de peixes originárias de outras partes do Mundo, que foram introduzidas através de atividades humanas em Portugal e que podem estar presentes na bacia hidrográfica do Rio Lima.

Para cada espécie, o guia apresenta fotografias e uma pequena descrição, que inclui informação sobre o seu tamanho, dieta, tipo de migração e nível de tolerância à perturbação de origem humana (ex. poluição).

Para o uso correto deste guia, convém esclarecer a definição de alguns conceitos relacionados com a morfologia externa dos peixes (figura 14) e com a sua biologia (tabela II).

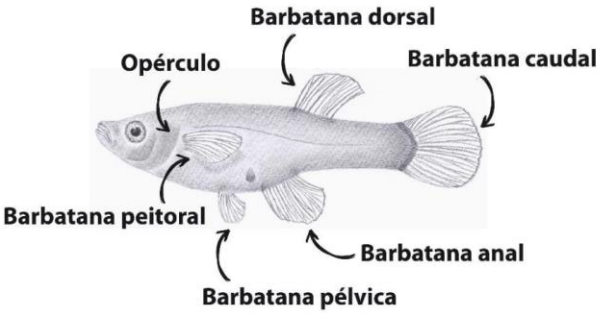


Figura 14 – Morfologia externa de um peixe.

Tabela II – Conceitos de biologia relevantes no contexto deste guia e respetivas definições.

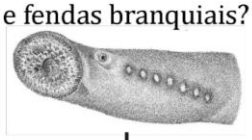
Tema	Termo	Definição
Habitat	Pelágico	Espécies que passam a maior parte do tempo na coluna de água
	Bentónico	Peixes que permanecem maioritariamente junto ao substrato
Migração	Potamódroma	Espécies que habitam apenas cursos de água, mas que fazem migrações em direção à nascente na época de reprodução
	Catádroma	Peixes que, quando adultos, vivem em água doce, mas que se deslocam ao mar para se reproduzir
	Anádroma	Espécies em que os indivíduos adultos permanecem em meio marinho, migrando para os rios na altura da reprodução
Dieta	Invertívora	Peixes que se alimentam principalmente de animais invertebrados (ex. insetos, minhocas)

Chaves de identificação

1. Corpo cilíndrico?

Não — **2.** Número de barbatanas dorsais?

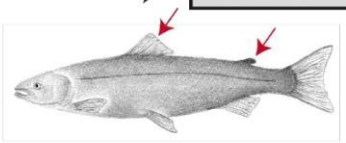
Sim — **3.** Boca em forma de ventosa e fendas branquiais?



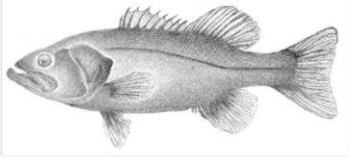
3 → Enguia (pág. 21)

Sim → Lampreia (pág. 22)

2 → Ir para o passo 13



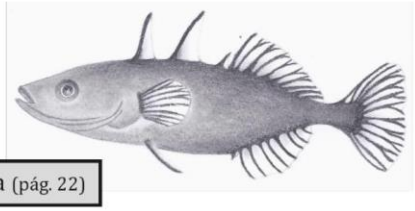
1 com 2 partes → Achigã (pág. 25)



1

4. Tem espinhos à frente da barbatana dorsal?

Sim → Esgana-gata (pág. 22)



Não

5. A barbatana caudal é bifurcada?

Sim — **6.** Como é a barbatana dorsal?

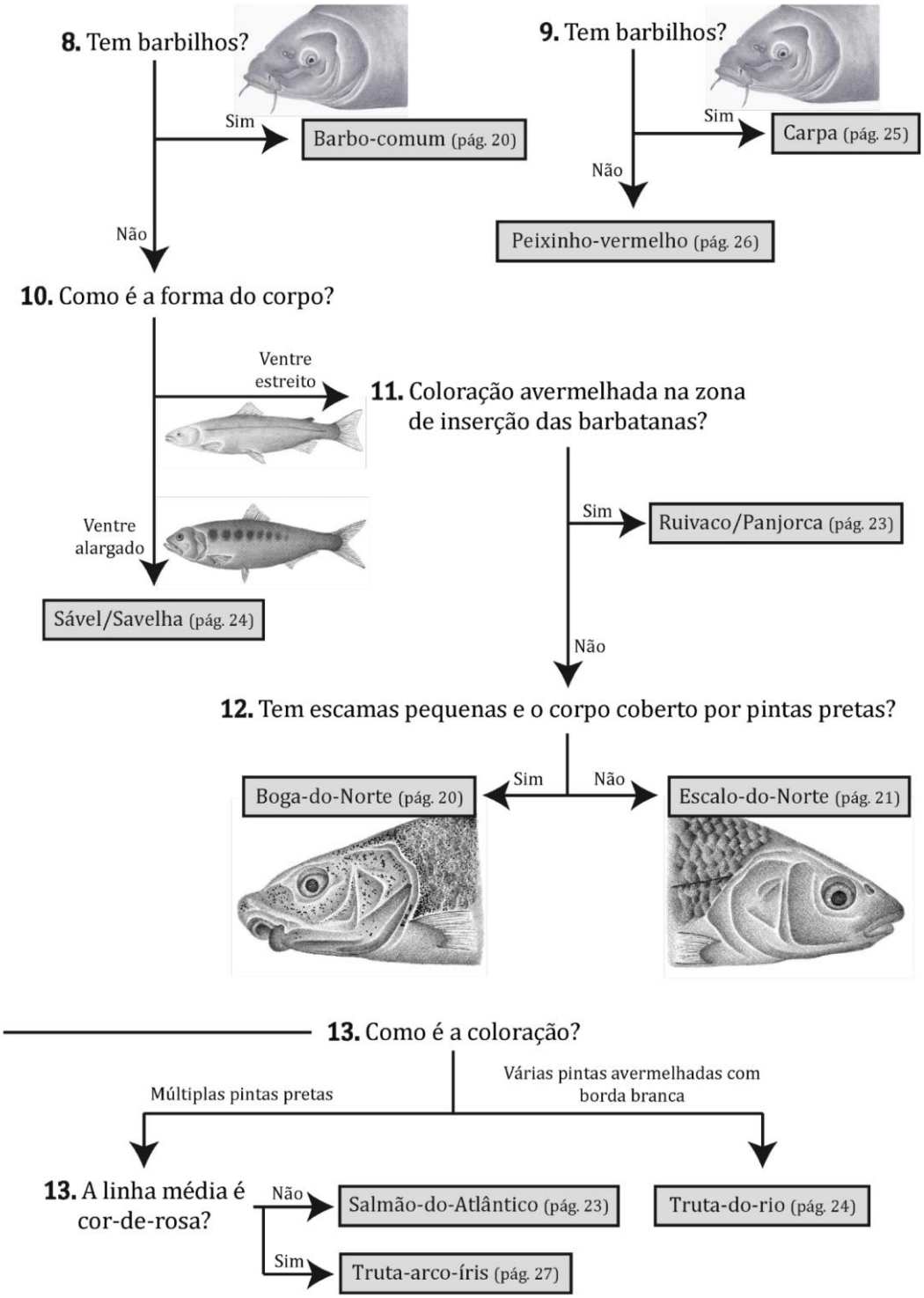
Comprida → Ir para o passo 9

Curta → Ir para o passo 8

Não — **7.** Como é o corpo?

Alto → Perca-sol (pág. 27)

Alongado e baixo → Gambúsia (pág. 26)


8. Tem barbilhos?
Sim
Barbo-comum (pág. 20)
Não
9. Tem barbilhos?
Sim
Carpa (pág. 25)
Não
Peixinho-vermelho (pág. 26)
10. Como é a forma do corpo?
Ventre estreito
Ventre alargado
Sável/Savelha (pág. 24)
11. Coloração avermelhada na zona de inserção das barbatanas?
Sim
Ruivaco/Panjorca (pág. 23)
Não
12. Tem escamas pequenas e o corpo coberto por pintas pretas?
Sim
Não
Boga-do-Norte (pág. 20)
Escalo-do-Norte (pág. 21)
13. Como é a coloração?
Múltiplas pintas pretas
Várias pintas avermelhadas com borda branca
13. A linha média é cor-de-rosa?
Não
Sim
Salmão-do-Atlântico (pág. 23)
Truta-arco-íris (pág. 27)
Truta-do-rio (pág. 24)

Espécies nativas

Barbo-comum (*Luciobarbus bocagei*)

O barbo-comum é uma espécie de grandes dimensões, podendo atingir os 80 cm de comprimento. A sua coloração varia bastante de acordo com o curso de água que habita. Em Portugal, o seu estatuto de conservação é considerado pouco preocupante.

Dieta	*Habitat*	Migração	Nível de tolerância
Omnívora	Bentónico	Sim, potamódroma	Intermédio

Boga-do-Norte (*Pseudochondrostoma duriense*)

As bogas-do-Norte que habitam as águas nacionais e as da Galiza (Espanha) têm habitualmente vários pontos pretos no corpo. Os indivíduos desta espécie não ultrapassam os 40 cm de comprimento, pelo que se pode considerar que se trata de um peixe de tamanho médio. O estatuto de conservação desta espécie é pouco preocupante em Portugal.

Dieta	*Habitat*	Migração	Nível de tolerância
Herbívora	Bentónico	Sim, potamódroma	Intermédio

Enguia-Europeia (*Anguilla Anguilla*)

A enguia-Europeia é um peixe de corpo cilíndrico que pode atingir comprimentos superiores a 1 metro. Em Portugal, esta espécie encontra-se em perigo de extinção. Uma das principais ameaças que este peixe enfrenta é a sobrepesca ilegal de juvenis, que têm um elevado valor comercial para a indústria alimentar.

Dieta	*Habitat*	Migração	Nível de tolerância
Piscívora	Bentónico	Sim, catádroma	Elevado

Escalo-do-Norte (*Squalius carolitertii*)

O escalo-do-Norte é um pequeno peixe cujo comprimento geralmente é inferior a 15 cm. As suas escamas são grandes e bem-definidas. Em Portugal, esta espécie não se encontra ameaçada de extinção. Este peixe existe apenas na Península Ibérica.

Dieta	*Habitat*	Migração	Nível de tolerância
Invertívora	Pelágico	Não	Intermédio

Esgana-gata (*Gasterosteus aculeatus*)

O esgana-gata é uma espécie de pequenas dimensões (comprimento < 11 cm). Durante a época de reprodução, estes peixes desenvolvem uma coloração avermelhada no ventre. Esta espécie está em perigo de extinção em Portugal.

Dieta	***Habitat***	**Migração**	**Nível de tolerância**
Invertívora	Pelágico	Desconhecido em Portugal	Intermédio

Lampreia-marinha (*Petromyzon marinus*)

A lampreia-marinha possui um corpo cilíndrico e dentes dispostos em várias filas circulares, podendo atingir mais de 1 metro de comprimento. Quando adultos, os indivíduos desta espécie são parasitas de cetáceos e outros peixes, fixando-se a estes com os seus dentes e alimentando-se do seu sangue. Este peixe encontra-se vulnerável à extinção em Portugal.

Dieta	***Habitat***	**Migração**	**Nível de tolerância**
Piscívora	Bentónico	Sim, anádroma	Intermédio

Ruivaco (*Achondrostoma oligolepis*) e Panjorca (*A. arcasiii*)

O ruivaco e a panjorca são duas espécies morfologicamente muito semelhantes que, geralmente, não ultrapassam os 15 cm de comprimento. O ruivaco existe apenas em Portugal e aqui o seu estatuto de conservação é pouco preocupante. A panjorca ocorre também em Espanha, mas encontra-se em perigo de extinção em território nacional.

Dieta	*Habitat*	Migração	Nível de tolerância
Omnívora	Pelágico	Não	Elevado (ruivaco) Baixo (panjorca)

Salmão-do-Atlântico (*Salmo salar*)

O salmão-do-Atlântico é capaz de atingir tamanhos consideráveis, podendo pesar mais de 40 quilogramas e atingir 1,5 metros de comprimento. Em Portugal, esta espécie encontra-se criticamente em perigo de extinção. A construção de barragens é uma das principais ameaças que estes peixes enfrentam, uma vez que os impede de migrar e completar o seu ciclo de vida.

Dieta	*Habitat*	Migração	Nível de tolerância
Piscívora	Pelágico	Sim, anádroma	Baixo

Sável (*Alosa alosa*) e Savelha (*A. fallax*)

O sável (primeira fotografia) e a savelha (segunda fotografia) são espécies morfologicamente muito semelhantes, distinguindo-se pelo número de manchas pretas no corpo: o sável tem apenas uma junto ao opérculo e a savelha tem várias ao longo da linha média. Ambas as espécies têm um comprimento máximo de 70 cm e encontram-se ameaçadas de extinção em Portugal.

Dieta	*Habitat*	Migração	Nível de tolerância
Invertívora	Pelágico	Sim, anádroma	Baixo

Truta-de-rio (*Salmo trutta*)

A truta-de-rio é um peixe de grandes dimensões, sendo que os adultos geralmente apresentam um comprimento na ordem dos 30 cm. Em território nacional, esta espécie está criticamente em perigo de extinção, sobretudo devido à poluição aquática e à construção de barragens.

Dieta	*Habitat*	Migração	Nível de tolerância
Invertívora	Pelágico	Sim, anádroma	Baixo

Espécies exóticas

Achigã (*Micropterus salmoides*)

Usualmente, os achigãs adultos medem cerca de 40 cm de comprimento. Este peixe é originário da América do Norte e pensa-se que tenha sido introduzido em Portugal em meados de 1950 para controlar as populações de gambúsia (*Gambusia* spp.) e também devido a motivações ligadas à pesca desportiva. Em território nacional é considerada uma espécie invasora.

Dieta	*Habitat*	Migração	Nível de tolerância
Piscívora	Pelágico	Não	Elevado

Carpa (*Cyprinus carpio*)

A carpa é nativa da Ásia e de algumas partes da Europa (mas não de Portugal). Os indivíduos desta espécie apresentam uma coloração muito variável e podem atingir comprimentos superiores a 1 metro, mas é mais comum ver exemplares com cerca de 30 cm. Este peixe está presente na maioria das bacias hidrográficas de Portugal continental.

Dieta	*Habitat*	Migração	Nível de tolerância
Omnívora	Pelágico	Sim, potamódroma	Elevado

Gambúsia (*Gambusia* spp.)

A gambúsia é um peixe de pequenas dimensões (comprimento < 7 cm), que é originário da América do Norte. Em Portugal, este peixe foi introduzido em 1921 para controlar as populações de mosquitos. Atualmente, é considerada uma espécie invasora em território nacional.

Dieta	*Habitat*	Migração	Nível de tolerância
Invertívora	Pelágico	Sim, potamódroma	Elevado

Peixinho-vermelho (*Carassius auratus*)

O peixinho-vermelho é nativo da Ásia. Contudo, foi introduzido em Portugal e já se encontra presente em quase todas as bacias hidrográficas do continente. Os indivíduos desta espécie têm um comprimento máximo de 50 cm e uma coloração muito variável.

Dieta	*Habitat*	Migração	Nível de tolerância
Omnívora	Pelágico	Sim, potamódroma	Elevado

Perca-sol (*Lepomis gibbosus*)

O perca-sol é um peixe relativamente pequeno, apresentando geralmente, em adulto, comprimentos na ordem dos 10 cm. Contudo, os indivíduos podem atingir um tamanho máximo de 40 cm. Esta espécie é nativa da América do Norte e, em Portugal, terá sido introduzida acidentalmente em meados de 1977. Atualmente, é considerada uma espécie invasora em território nacional.

Dieta	*Habitat*	Migração	Nível de tolerância
Invertívora	Pelágico	Sim, potamódroma	Elevado

Truta-arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*)

A truta-arco-íris é originária da América do Norte. Atualmente, pensa-se que a introdução deste peixe em águas nacionais tenha ocorrido primariamente devido a fugas de instalações de aquacultura. Quando adultos, os indivíduos desta espécie podem chegar a medir 1,2 m de comprimento.

Dieta	*Habitat*	Migração	Nível de tolerância
Piscívora	Pelágico	Sim, anádroma	Intermédio

BIBLIOGRAFIA

Cabral, M.J. (coord.), Almeida, J., Almeida, P.R., Dellinger, T., Ferrand de Almeida, N., Oliveira, M.E., Palmeirim, J.M., Queiroz, A.I., Rogado, L. & Santos-Reis, M. (eds.) (2005). *Livro vermelho dos vertebrados de Portugal*. Lisboa, Portugal: Instituto da Conservação da Natureza.

Denys, G.P.J., Geiger, M.F., Persat, H., Keith, P. & Dettai, A. (2015). Invalidity of *Gasterosteus gymnurus* (Cuvier, 1829) (Actinopterygii, Gasterosteidae) according to integrative taxonomy. *Cybium*, **39**: 37-45. doi:10.26028/cybium/2015-391-005

Ellender, B.R., Becker, A., Weyl, O.L.F. & Swartz, E.R. (2012). Underwater video analysis as a non-destructive alternative to electrofishing for sampling imperilled headwater stream fishes. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, **22**: 58-65. doi:10.1002/aqc.1236

Froese, R. & Pauly, D. (Eds) (2019). *FishBase*. Acedido a 26 de agosto de 2019, em www.fishbase.org

INAG, I.P. & AFN (2012). *Desenvolvimento de um índice de qualidade para a fauna piscícola*. Ministério da Agricultura, Mar, Ambiente e Ordenamento do Território. 12 pp.

Lages, A.C.F. (2016). *Caracterização ecológica de duas espécies de peixes exóticas predadoras no Rio Minho: perca-sol (Lepomis gibbosus) e achigã (Micropterus salmoides)* (Master's thesis). University of Minho, Braga, Portugal.

Lek, S., Scardi, M., Verdonschot, P.F.M., Descy, J.-P. & Park, Y.S. (2005). *Modelling community structure in freshwater ecosystems*. Berlim, Alemanha: Springer.

Maitland, P.S. & Hatton-Ellis, T.W. (2003). *Ecology of the Allis and Twaite Shad. Conserving Natura 2000 Rivers Ecology Series No. 3*. Peterborough, UK: English Nature.

Millennium Ecosystem Assessment (2005). *Ecosystems and human well-being: Synthesis*. Washington, DC, USA: Island Press. ISBN 1-59726-040-1

Oliveira, J.M. (Coord.), Santos, J.M., Teixeira, A., Ferreira, M.T., Pinheiro, P.J., Geraldes, A. & Bochechas, E.J. (2007). *Projecto AQUARIPORT: Programa nacional de monitorização de recursos piscícolas e de avaliação da qualidade ecológica de rios*. Lisboa, Portugal: Direcção-Geral dos Recursos Florestais. 96 pp.

Rose, N.L., Turner, S.D., Goldsmith, B., Gosling, L. & Davidson, T.A. (2016). Quality control in public participation assessments of water quality: the OPAL water survey. *BMC Ecology*, **16(Suppl 1)**: 14. doi:10.1186/s12898-016-0063-2

Segurado, P., Santos, J.M., Pont, D., Melcher, A.H., Jalon, D.G., Hughes, R.M. & Ferreira, M.T. (2011). Estimating species tolerance to human perturbation: Expert judgment versus empirical approaches. *Ecological Indicators*, **11**:1623-1635. doi:10.1016/j.ecolind.2011.04.006

SNIRH (2013). *Anuário de qualidade da água superficial*. Acedido a 20 de dezembro de 2018, em https://snirh.apambiente.pt/index.php?idMain=1&idItem=1.5&idISubtem=ANUARIO

Yeakley, J.A., Ervin, D., Chang, H., Granek, E.F., Dujon, V., Shandas, V. & Brown, D. (2016). Ecosystem services of streams and rivers. Em D.J. Gilvear, M.T. Greenwood, M.C. Thoms & P.J. Wood (Eds.), *River Science: Research and Management for the 21st Century* (1ª edição). John Wiley & Sons, Ltd. ISBN 1119994349

CRÉDITOS

Figuras numeradas

Figura 1: fotografia da autoria de JMFH4778, disponibilizada sob a licença CC BY-SA 3.0 em https://commons.wikimedia.org/wiki/File:BARRAGEM_DO_CABRIL_2.jpg

Figura 2: fotografia da autoria de Claus Michelfelder, disponibilizada sob a licença CC0 em https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Neckar_Rottenburg_015.JPG

Figura 3: recortada da fotografia original de AnRo0002, disponibilizada sob a licença CC0 em https://commons.wikimedia.org/wiki/File:20150317Bachwiesen1.jpg

Figura 4: fotografia da autoria de Hans, disponibilizada sob a licença CC0 em https://pixabay.com/pt/photos/veiltail-peixe-goldfish-nadar-11455/

Figura 6: fotografia da autoria de Iva Balk, disponibilizada sob a licença Pixabay em https://pixabay.com/pt/photos/rio-selvagem-%C3%A1guia-%C3%A1gua-o-fluxo-de-4422821/

Figura 7: mapa da autoria de Google & Instituto Geográfico Nacional.

Figura 12, grande: fotografia da autoria de Andrea Spiombi, disponibilizada sob a licença CC BY 2.0 em https://www.flickr.com/photos/53088543@N06/5010987187/

Figura 12, pequena: fotografia da autoria de Don Loarie, disponibilizada sob a licença CC BY 2.0 em https://bit.ly/2lSLUoI

Figura 13, geral: fotografia da autoria de Max Hsieh, disponibilizada sob a licença CC BY-NC 4.0 em https://www.biodiversity4all.org/photos/19103055?size=large

Figura 13, flor: recortada da fotografia original de wangleeping, disponibilizada sob a licença CC BY-NC 4.0 em https://www.biodiversity4all.org/photos/20991249?size=large

Figura 13, folhas: fotografia da autoria de Ricky Taylor, disponibilizada sob a licença CC BY-NC 4.0 em https://www.biodiversity4all.org/photos/15746454

Figuras não numeradas

Imagem da capa, rio: recortada da fotografia de Free-Photos, disponibilizada sob a licença CC0 em https://pixabay.com/pt/photos/ribeiro-prado-ermo-angra-lago-1031675/

Imagem da capa, peixe: recortada da fotografia de David Perez (DPC), disponibilizada sob a licença CC BY 3.0 em https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pseudochondrostoma_duriense_03_by-dpc.jpg

Imagem da capa, enguia-europeia: fotografia da autoria de Mattia, disponibilizada sob a licença CC BY-NC 4.0 em https://www.biodiversity4all.org/photos/21512695

Pág. 20, Barbo-comum: fotografia da autoria de David Perez (DPC), disponibilizada sob a licença CC BY 3.0 em https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Barbus_bocagei_01_by-dpc.jpg

Pág. 20, Boga-do-Norte: recortada da fotografia de David Perez (DPC), disponibilizada sob a licença CC BY 3.0 em https://bit.ly/2lxQzwm

Pág. 21, Enguia-Europeia, primeira foto: fotografia da autoria de Mattia, disponibilizada sob a licença CC BY-NC 4.0 em https://www.biodiversity4all.org/photos/21512695

Pág. 21, Enguia-Europeia, segunda foto: fotografia da autoria de Dmitriy Konstantinov, disponibilizada sob a licença CC BY-SA 3.0 em https://bit.ly/2lA7myG

Pág. 21, Escalo-do-Norte, primeira foto: fotografia da autoria de Júlio Reis, disponibilizada sob a licença CC BY-SA 4.0 em https://www.biodiversity4all.org/photos/20216645

Pág. 21, Escalo-do-Norte, segunda foto: fotografia da autoria de Duarte Frade, disponibilizada sob a licença CC BY 4.0 em https://www.biodiversity4all.org/photos/20211711

Pág. 22, Esgana-gata, primeira foto: recortada da fotografia de E. Cavallini, disponibilizada sob a licença CC BY-NC 4.0 em https://www.biodiversity4all.org/photos/29165278

Pág. 22, Esgana-gata, segunda foto: recortada da fotografia de Riley Walsh, disponibilizada sob a licença CC BY-NC 4.0 em https://www.biodiversity4all.org/photos/17556349

Pág. 22, Lampreia-marinha, primeira foto: fotografia da autoria de Mike V.A. Burrell, disponibilizada sob a licença CC BY-NC 4.0 em https://www.biodiversity4all.org/photos/20376860

Pág. 22, Lampreia-marinha, segunda foto: fotografia da autoria de Sally Linsley-Gebben, disponibilizada sob a licença CC BY-NC 4.0 em https://www.biodiversity4all.org/photos/20921107

Pág. 23, Ruivaco/Panjorca, primeira foto: recortada da fotografia de Carla Sousa Santos, disponibilizada sob a licença CC BY 3.0 em https://bit.ly/2kvKjEZ

Pág. 23, Ruivaco/Panjorca, segunda foto: recortada da fotografia de Jael Palhas, disponibilizada sob a licença CC BY-NC 4.0 em https://www.biodiversity4all.org/photos/47330854

Pág. 23, Salmão-de-Atlântico, primeira foto: fotografia da autoria de Chris Henrickson, disponibilizada sob a licença CC BY-NC 4.0 em https://www.biodiversity4all.org/photos/7730125

Pág. 23, Salmão-de-Atlântico, segunda foto: fotografia da autoria de Eric Knopf, disponibilizada sob a licença CC BY-NC 4.0 em https://www.biodiversity4all.org/photos/3190174

Pág. 24, Sável: fotografia da autoria de Gonzalo Mucientes Sandoval, disponibilizada sob a licença CC BY-NC-ND 4.0 em https://www.biodiversity4all.org/photos/38263445

Pág. 24, Savelha: recortada da fotografia da autoria de Julien Renoult, disponibilizada sob a licença CC BY-NC 4.0 em https://www.biodiversity4all.org/photos/41088491

Pág. 24, Truta-de-rio: recortada da fotografia de Jerry, disponibilizada sob a licença CC BY-NC 4.0 em https://www.biodiversity4all.org/photos/46441860

Pág. 25, Achigã, primeira foto: recortada da fotografia de H.T.Cheng, disponibilizada sob a licença CC BY-NC 4.0 em https://www.biodiversity4all.org/photos/6904111

Pág. 25, Achigã, segunda foto: recortada da fotografia de Riley Walsh, disponibilizada sob a licença CC BY-NC 4.0 em https://www.biodiversity4all.org/photos/23824874

Pág. 25, Carpa, primeira foto: fotografia da autoria de ot0rip 604, disponibilizada sob a licença CC BY 2.0 em https://bit.ly/2ZpHEz7

Pág. 25, Carpa, segunda foto: fotografia da autoria de Sascha Schulz, disponibilizada sob a licença CC BY-NC 4.0 em https://www.biodiversity4all.org/photos/5574213

Pág. 26, Gambúsia, primeira foto: fotografia da autoria de NOZO, disponibilizada sob a licença CC BY-SA 3.0 em https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gambusia_affinis.jpg

Pág. 26, Gambúsia, segunda foto: recortada da fotografia de Ashley Duval, disponibilizada sob a licença CC BY-NC 4.0 em https://www.biodiversity4all.org/photos/27746943

Pág. 27, Perca-sol, primeira foto: fotografia da autoria de Joseph Kurtz, disponibilizada sob a licença CC BY-NC 4.0 em https://www.biodiversity4all.org/photos/4202939

Pág. 27, Perca-sol, segunda foto: editada (recorte + ajuste de luminosidade) a partir da fotografia de ross_knapton, disponibilizada sob a licença CC BY-NC 4.0 em https://bit.ly/2kwp5qH

Pág. 27, Truta-arco-íris, primeira foto: fotografia da autoria de Alex, disponibilizada sob a licença CC BY-NC 4.0 em https://www.biodiversity4all.org/photos/1971188

Pág. 27, Truta-arco-íris, segunda foto: fotografia da autoria de ddauwalter, disponibilizada sob a licença CC BY-NC 4.0 em https://www.biodiversity4all.org/photos/1363901

Todas as **ilustrações de peixes** presentes na chave de identificação foram preparadas especificamente para este fim por Bárbara Barros.

IV. AWARENESS AND KNOWLEDGE OF PORTUGAL RESIDENTS ABOUT NATURA 2000

Sofia S. Oliveira[1,2,*], Joana Pereira[3], Paulo Santos[1,2] and Ruth Pereira[2,4]

1 – CIIMAR—Interdisciplinary Centre of Marine and Environmental Research, 4450-208 Matosinhos, Portugal

2 – Department of Biology, Faculty of Sciences, University of Porto, 4169-007 Porto, Portugal

3 – CESAM—Centre for Environmental and Marine Studies, Department of Biology, University of Aveiro, 3810-193 Aveiro, Portugal

4 – GreenUPorto—Sustainable Agrifood Production Research Centre, 4485-646 Vairão, Portugal

* Author to whom correspondence should be addressed.

Sustainability 2020, 12(22), 9663; https://doi.org/10.3390/su12229663

Received: 9 October 2020 / Revised: 6 November 2020 / Accepted: 8 November 2020 / Published: 19 November 2020

(This article belongs to the Special Issue Hands-on Science: Developing a Sustainable Education System)

Article reused under the license CC BY 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

IV-1. Abstract

Natura 2000 is the European Union's key strategy to address the current sharp decline in biodiversity. However, according to a recent survey, most Europeans have never heard about it. The present study intended to further explore the perceptions of residents in Portugal about this network of protected areas through the nationwide implementation of a survey. Overall, 232 questionnaires were fulfilled, which showed that most respondents (*n* = 126, 54%) had never heard of Natura 2000. Furthermore, even the

respondents who knew what Natura 2000 is were not well-informed about it. For instance, on average, they were only able to name 2.8 ± 2.2 sites within Portugal; plus, 66% (n = 65) could not correctly name any wild species that inhabited their favourite site. Surprisingly, literacy levels were not significantly correlated with the number of visits to the network (r_s = 0.181, p = 0.082), and they were only weakly correlated with the frequency that the respondents engaged in ecological behaviours (r_s = 0.277, p = 0.007). Overall, the current findings are in agreement with similar studies carried out in Poland that revealed that the population was poorly informed about this important network of protected areas. This scenario is especially worrisome, considering that public participation is regarded as a key factor for successful nature conservation initiatives.

Keywords: wildlife; europe; pro-environment behaviour; questionnaire

IV-2. Introduction

Despite its intrinsic value and its importance for human wellbeing, biodiversity is being lost at alarming rates worldwide [1,2]. To address this pressing issue, the European Union launched Natura 2000—a coordinated network of protected areas. This network has a huge coverage, comprising more than 18% of the land of the European Union, plus 6% of its sea area [3,4]. Its goal is to ensure long-term protection of the most valuable and threatened species and habitats. This requires taking action to protect, maintain, or restore those species and habitats to a favourable conservation status [4,5]. Natura 2000 plans to fulfil its conservation mission through an inclusive and sustainable management approach. Hence, cooperation with all stakeholders is highly desirable. Additionally, this implies that socioeconomic activities compatible with site preservation are encouraged [4].

Despite Natura 2000's intentions to engage stakeholders, according to a survey carried out by the European Commission in 2018, most Europeans are still not aware of the existence of this network (70%, N = 27,643). The same study also reported that only 11% of respondents claimed to know what Natura 2000 is [6]. Plus, previous research carried out in Poland revealed that even the people who were aware of Natura 2000 knew little else about it [7,8,9], including members of the public that stated to be interested in environmental protection [9]. This suggests that this important network is still unknown to the majority of the European Union's population, which is a very worrisome finding as public participation plays a critical role in the achievement of biological conservation goals [2,10,11,12,13]. For instance, addressing the current drivers of biodiversity loss requires changes in citizens' behaviour [2]. Plus, people can

pressure the government to take action, become involved in policy discussions, and also facilitate local conservation initiatives [2,10,11,12].

In Portugal, Natura 2000 is composed of 166 protected areas, covering almost 21% of the land area of the country [14]. Despite devoting such a large relative area to nature conservation [14], Portugal has failed to comply with some mandatory requirements regarding designation and management of the sites forming this network [15]. Due to this non-compliance, the European Commission referred Portugal to the Court of Justice of the European Union in January 2018 [15]. Furthermore, Portugal is also struggling with Natura 2000 monitoring demands. In fact, the country submitted the most incomplete Habitats Directive monitoring report among all Member States for the period 2007–2012. In this report, about 35% of the mandatory data was absent or referred to as unknown [3]. Although Portugal found it rather difficult to fulfil all its network obligations [3,15], its residents seemed to be more aware of Natura 2000 than the average European. In the aforementioned survey carried out by the European Commission, 35% of respondents from Portugal claimed they had heard of Natura 2000 before, which stands at 5% higher than the average [6]. Curiously, according to the same survey, a higher percentage of people in Portugal were familiar with the term "biodiversity" when comparing with the average of the European Union (74% > 71%) or Poland's numbers (74% > 46%) [6]—a country where Natura 2000 literacy has been showed to be very limited [7,8,9]. Plus, 100% of the Portuguese respondents believed that humans have the responsibility to take care of Nature, which, once again, is slightly above the average of the European Union (100% > 96%) as well as Poland's percentage (100% > 95%) [6]. Given this rationale, the present study intended to further understand how knowledgeable the Portuguese population is about Natura 2000 and how their literacy compares to countries where the public seems less sensitized to biodiversity and environment-related issues.

IV-3. Materials and methods

A questionnaire on Natura 2000 was adapted from the literature [6,7,8,9,16,17]. This questionnaire was divided into five parts: (1) demographic data (age, gender, place of residency, education level, job/study field); (2) awareness about Natura 2000; (3) ecological behaviours; (4) nationally threatened species; and (5) knowledge about Natura 2000 and familiarity with its sites. These parts are described in further detail in table III.S1 (available in the Supplementary Material III). Only inquired people that claimed to know what Natura 2000 is fulfilled the last part of the questionnaire.

Completing the first four parts of the questionnaire took usually less than 5 min, while fulfilling the complete version took up to 15 min. During 2019, this questionnaire was broadly disseminated through the internet (e.g., published on Facebook groups, shared by a national citizen science platform) and was also implemented in-person during a few science communication activities somewhat related to Natura 2000 (e.g., activity about soil quality under the scope of Universidade Júnior (https://universidadejunior.up.pt/); monitoring sessions of *Lutra lutra* inside and outside Natura 2000). In these events, the questionnaire was applied both before and after the activities. All collected data were codified and submitted to a quantitative analysis on Microsoft Office Excel (2002 version), consisting of the calculation of percentages and descriptive statistics (arithmetical averages, standard deviations). Plus, Spearman's correlations (more details in table III.S1, in the Supplementary Material) were computed using IBM SPSS Statistics (version 26), in order to test the hypotheses described below:

Hypothesis 1 (H1):

- People who visit Natura 2000 sites more often are better informed about the network.

Hypothesis 2 (H2):

- Respondents that are more informed about biodiversity in general (e.g., threatened species) are also more knowledgeable about this network of protected areas.

Hypothesis 3 (H3):

- Members of the public that engage more frequently in ecological behaviours have a higher Natura 2000 literacy.

IV-4. Results and discussion

Overall, 232 individuals participated in this study: 60 (26%) fulfilled the questionnaires remotely, while 172 (74%) completed it at face-to-face events. Despite the great dissemination efforts carried out on social media and by resorting to the authors' personal network of contacts, the number of questionnaires fulfilled online was very low. The authors attribute this situation, first, to the huge number of requests to fulfil questionnaires that are saturating the public online, a phenomenon highlighted by other authors [18]. Secondly, the unfamiliarity of the average internet user with the term

"Natura 2000" and/or their lack of interest in the topic might have dissuaded them from reply.

Sociodemographic data

As shown in figure III.1, most respondents were females aged between 12 and 29 (67%, *n* = 155). Regarding the geographical location of residence, Porto was the best represented district (52%, *n* = 121), followed by Aveiro (16%, *n* = 38), Braga (9%, *n* = 20), and Bragança (9%, *n* = 20), all from the centre and north of Portugal.

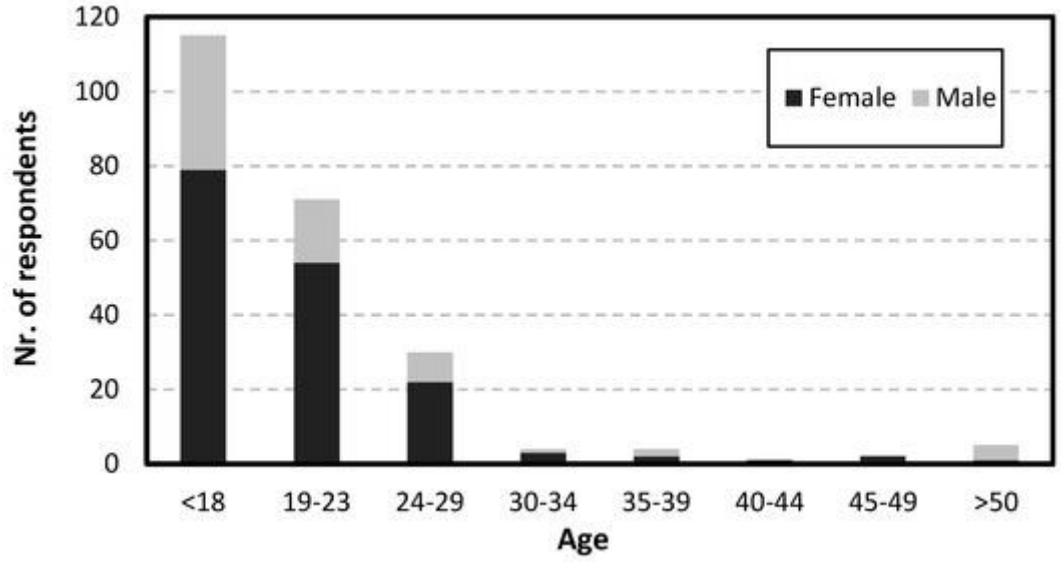


Figure IV.1 – Age and gender distribution of respondents.

Almost half of the participants were still attending middle school (48%, *n* = 111); but, a great number of questionnaires were also fulfilled by people who held a university degree (29%, *n* = 68) or a high school diploma (22%, *n* = 50). About 30% of participants (*n* = 70) had jobs or were pursuing studies related to biology and/or nature conservation.

Awareness about Natura 2000

As expected, based on the previous literature reports [6,8,16], most respondents had never heard of Natura 2000 (54%, *n* = 126). However, 20% (*n* = 47) had heard of the term beforehand and claimed to know what Natura 2000 is. This percentage is slightly higher than the one obtained for Portugal in the survey carried out by the European Commission (20% > 15%) [6]. This difference in percentages is likely due to a lower representativeness level of the sample, which is supported by the fact that 81% of respondents (*n* = 38) contributing to the "20% result" studied or worked in fields related

to biology and/or nature conservation. Furthermore, a high proportion of respondents, who knew what Natura 2000 is, held a university degree (74%, *n* = 35); in a similar study carried out in Poland, this population segment was shown to be more aware of the network than people who did not attend higher education [8]. Nonetheless, as the goal of the present research was to further explore the perceptions of respondents, this higher percentage of participants aware of Natura 2000 was welcome.

Knowledge about Natura 2000 sites

The 47 respondents that claimed to know what Natura 2000 is were asked to name between one and ten Portuguese Natura 2000 sites. Overall, 39 distinct protected areas were named, which represented 23% of all network sites located in Portugal [14]. On average, each participant correctly named 2.8 ± 2.2 sites; but, this was highly variable, e.g., six participants named none and one mentioned 10. Peneda/Gerês (PTCON0014) was the site mentioned by a higher number of participants; Serra da Estrela (PTCON0014) and Montesinho/Nogueira (PTCON0002) came second and third, respectively (table III.1). The overall low ability of respondents to name Natura 2000 sites in Portugal was not a surprising finding, since research in other countries showed that most inquired inhabitants were unaware of the existence of such protected areas in the vicinities of their household [7,8].

Table IV.1 – Portuguese Natura 2000 sites named by respondents, their respective site code, and number of participants mentioning each one (*N* = 47).

Natura 2000 sites	Site code	n
Peneda / Gerês	PTCON0001	33
Serra da Estrela	PTCON0014	12
Montesinho / Nogueira	PTCON0002	9
Alvão / Marão	PTCON0003	7
Ria de Aveiro	PTCON0061	7
Arrábida / Espichel	PTCON0010	5
Litoral Norte	PTCON0017	5
Sintra / Cascais	PTCON0008	4
Douro Internacional	PTCON0022	3
Estuário do Tejo	PTCON0009	3
Malcata	PTCON0004	3
Ria Formosa	PTZPE0017	3
Rio Lima	PTCON0020	3
Côrno do Bico	PTCON0040	2
Costa Sudoeste	PTCON0012	2
Estuário do Sado	PTCON0011	2
Ilhas Berlengas	PTZPE0009	2
Serras da Freita e Arada	PTCON0047	2

Valongo	PTCON0024	2
Barrinha de Esmoriz	PTCON0018	1
Cabrela	PTCON0033	1
Complexo do Açor	PTCON0051	1
Dunas de Mira, Gândara e Gafanhas	PTCON0055	1
Gardunha	PTCON0028	1
Lagoa da Sancha	PTZPE0014	1
Lagoa de Santo André	PTZPE0013	1
Laurissilva da Madeira	PTMAD0001	1
Maciço Montanhoso Central da Ilha da Madeira	PTMAD0002	1
Monfurado	PTCON0031	1
Montemuro	PTCON0025	1
Paul de Arzila	PTCON0005	1
Paul do Boquilobo	PTZPE0008	1
Ria Formosa / Castro Marim	PTCON0013	1
Rio Minho	PTCON0019	1
Rio Vouga	PTCON0026	1
Serras d'Aire e Candeeiros	PTCON0015	1

The recording of Peneda/Gerês as the most mentioned site was expected as this is simultaneously the only national park in Portugal [19] and a very popular protected area in the country, as demonstrated by the fact that this is the one contacted by the highest number of visitants (more than 1 million visitor contacts/year during the period 1996–2019) [20]. The presence of Serra da Estrela in the top 3 was also expected; being the highest mountain range on the mainland [21], this site receives many visitors during Winter to enjoy snowfall [22]. However, the high number of people mentioning Montesinho/Nogueira is harder to explain. This situation may have occurred because this is one of the largest protected areas in northern Portugal [19], where most respondents were from.

Afterwards, respondents were asked to name their favourite Natura 2000 site along with some species that inhabit it (max. 10) as well as to select from a list the main threats that such protected area faces (max. 5). From this point on, unless otherwise stated, besides the 47 participants that said they knew what Natura 2000 is beforehand, the data analysis also included answers given to post tests by 99 respondents that claimed to already know what Natura 2000 is. Overall, 21 different sites were designated by participants as their personal favourites: Peneda/Gerês, Serra da Estrela, Ria de Aveiro, and Rios Sabor

e Maçãs were the ones selected by most respondents (65%, *n* = 95); all the other sites were mentioned by up to four individuals.

Yet, how knowledgeable were the inquired people about their favourite Natura 2000 protected areas? Regarding the threats, the ones selected by more participants were: pollution (30%, *n* = 44), tourism/recreational activities (28%, *n* = 41), and climate change (26%, *n* = 38). In a survey recently carried out by the European Commission, pollution was also the threat that most Portugal inhabitants thought to be considerably affecting biodiversity; man-made disasters and climate change came second and third, respectively [6]. Thus, the current results align with the European Commission findings, especially considering that (1) man-made disasters were not an option in the questionnaire used in the scope of this work, and that (2) tourism/recreational activities were not included in the abovementioned literature [6].

To better understand their perceptions, a detailed analysis was performed focusing on threats to Peneda/Gerês, Serra da Estrela, Ria de Aveiro, and Rios Sabor e Maçãs (table III.2). On average, respondents who provided a valid answer selected correctly only 1.7 ± 1.4 threats (out of five). It is important to highlight that a response was deemed correct if the selected threat had a medium or high relevance to the respondent's favourite site. Pollution, tourism/recreational activities, and climate change were the threats selected by more participants (table III.2). However, according to the managing authorities, climate change is not a relevant threat in any of the analysed sites; pollution only has a low to medium relevance, and the relevance of tourism/recreational activities varies between none to medium [23]. In contrast, invasive alien species—which represent a highly relevant threat in two of the protected areas further scrutinised and has a medium relevance in the other ones [23]—were selected by just 19 participants (table III.2). Therefore, respondents did not seem to have a clear perception about the main factors threatening their favourite Natura 2000 site. Plus, it is worth noticing that in the previously mentioned European Commission assessment, invasive alien species were also the threat that less Portuguese respondents thought to be relevant [6].

Table IV.2 – Main threats to each Natura 2000 site, as selected by respondents (*N* = 95), and threat relevance (R) to the respective site (H—high; M—medium; L—low; "-"—irrelevant threats).

Threats	Peneda / Gerês		Serra da Estrela		Ria de Aveiro		Rios Sabor e Maçãs		Total
	R	n	R	n	R	n	R	n	
Agriculture / Grazing	M	8	-	1	M	3	H	2	14

Forest plantations	L	8	L	2	M	2	M	0	12
Mining and extraction of materials	L	3	L	2	M	1	M	0	6
Energy production	L	3	-	4	-	0	-	0	7
Transportation / service corridors	M	9	M	7	H	3	M	1	20
Urbanization	M	7	M	8	H	3	-	0	18
Fishing / Aquaculture	-	6	-	0	H	4	-	5	15
Hunting (incl. collection of wild animals)	H	12	L	5	M	2	M	0	19
Removal of terrestrial plants	M	6	M	1	-	0	-	5	12
Tourism / Recreational activities	M	14	L	10	-	4	M	0	28
Climate change	-	9	-	11	-	4	-	0	24
Invasive alien species	H	13	M	2	H	4	M	0	19
Pollution	L	10	M	12	M	6	L	0	28
Do not know / remember		10		3		1		3	17
Invalid answers		5		9		1		2	17

A detailed analysis of the wild species that respondents thought to inhabit Natura 2000 protected areas was also performed, focusing only on the answers given by participants who elected Peneda/Gerês, Serra da Estrela, Ria de Aveiro, or Rios Sabor e Maçãs as their favourite site. Overall, 52 taxa were correctly named, with birds being the most well-represented group (figure III.2). All mentioned taxa were native, except for one: the common water hyacinth (*Eichhornia crassipes*), an invasive alien aquatic plant that is present in mainland Portugal and Azores [24].

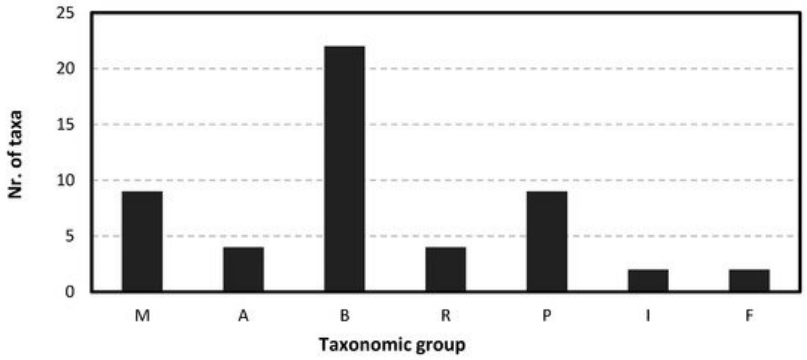


Figure IV.2 – Number of taxa that respondents correctly indicated to be present at their preferred Natura 2000 site, by taxonomic group. Taxonomic groups: M—mammals; A—amphibia; B—birds; R—reptiles; P—plants; I—invertebrates; F—fish.

Most participants (n = 65, 66%) were not able to name any species correctly (in order to assess if a given species was present—or not—in a specific Natura 2000 site, several sources were consulted [23,24,25,26,27,28,29,30]). The remaining respondents correctly mentioned, on average, 3.3 ± 2.5 taxa (out of 10). These numbers suggest they were not very familiar with the biodiversity of their favourite Natura 2000 sites. It is also worth mentioning that, regarding this question, many participants provided broad answers, referring to kingdoms, orders, or families (e.g., animals, plants, bats, ants); but, for the purpose of this work, only common names exclusively used for genera or species were considered.

These results are in accordance with similar studies carried out in Poland, which also revealed that the majority of people who were aware of what Natura 2000 is knew little else about it [7,9].

Natura 2000 visits

Most respondents who were aware of what Natura 2000 is only visited it once per year or even less frequently (Figure III.3). Regardless, the number of times participants visited this network was not significantly correlated with their knowledge about it (r_s = 0.181, p = 0.082). This is a surprising finding as it suggests that spending time more often at Natura 2000 sites has little improvement on visitors' knowledge about them. This may also suggest that there is a shortage of Natura 2000 information at the network sites and/or that people visit these sites mostly for leisure and their landscape value.

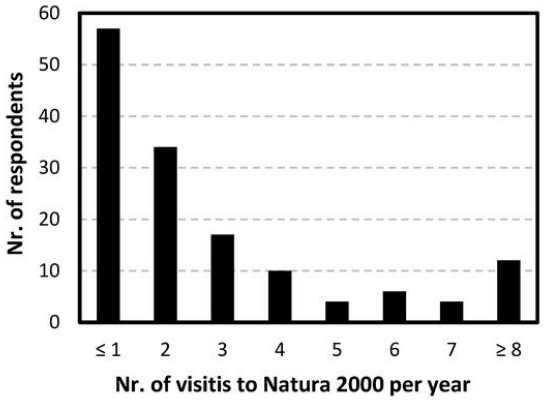


Figure IV.3 – Number of self-reported visits to Natura 2000, per year (*N* = 144).

Knowledge about threatened species

Each participant, on average, correctly named 1.7 ± 1.2 taxa (out of 10) that were threatened with extinction in Portugal (conservation status was checked in the Portuguese Red Book of Vertebrates [25] and on Flora-On [24]). In total, 33 nationally threatened taxa were mentioned, with most of them being mammals (*n* = 12, 36%) or birds (*n* = 11, 33%). However, currently, there are 568 taxa classified as threatened with extinction in Portugal [24,25], which means that the replies given by the sampled population represent only around 6% of the total specific richness. Previous studies carried out in Portugal, targeting high school students, revealed that overall, this audience was poorly informed about national threatened species [31,32,33]. Despite the sample of the present research comprising a large proportion of students, 30% of the respondents were working or pursuing studies related to biology and/or nature conservation; therefore, a higher literacy about threatened species was expected. The Iberian lynx (*Lynx pardinus*), Iberian wolf (*Canis lupus signatus*), and Spanish imperial eagle (*Aquila adalberti*) were the ones referred by more participants (Figure III.4). All the other taxa were only named by up to seven respondents. This might be related to the fact that charismatic species (e.g., wolfs and tigers [34]) are disproportionately more often targeted by conservation actions as well as by public awareness efforts [35,36]. Although some of these species hold a high conservation value, since they can effectively act as an umbrella for the protection of other taxa [37,38,39], this is not true for all charismatic species [37,40]. Their keystone role in the ecosystem and/or their large home range are two characteristics widely shared by charismatic species that can function as surrogates for the preservation of other biodiversity [41]. However, this charismatic-based strategy may limit the pool of conservation issues that the public is exposed to [35]. Plus, the authors of a recent study argued that the wide

overrepresentation of charismatic species in Western culture (e.g., magazines [35], social media [42]) seems to be responsible for a biased public perception regarding their conservation status, making them appear more abundant than what they are in reality [34]. Hence, the present results showing disparity in awareness about different threatened species in Portugal is very intriguing and should be further studied. Regardless, it is relevant to highlight that in other studies that took place in Portugal, the majority of the inquired high school students were unaware of the main factor leading to the reduction in population size of the Iberian lynx (*L. pardinus*) [31,32,33]. Therefore, even though this was the national threatened species mentioned by the most participants in the scope of the present work, this should not be interpreted as evidence that they were well-informed about it. Finally, the number of threatened taxa mentioned by respondents was weakly correlated with their knowledge about Natura 2000 (r_s = 0.393, p = 0.000).

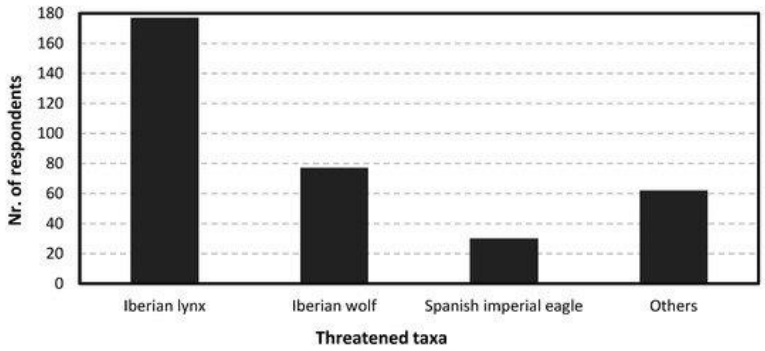


Figure IV.4 – Threatened taxa in Portugal that were mentioned by respondents (N = 232).

Pro-Environment behaviours

Taking part in citizen science projects was the behaviour participants showed less frequently (table III.3), which indicates this was the most difficult task to accomplish for the sampled population [17]. This may be related to the fact that citizen science is still at its infancy in the country [43,44]. In contrast, reusing shopping bags, having a shower, and depositing garbage in the appropriate recycling bins seemed to be easier behaviours to adopt [17]. The relative ease of engaging in these behaviours was already documented for other populations worldwide [7,9,17]. Concerning recycling habits, the present finding is in accordance with a nationwide inquiry carried out in 2019, where 89% of the questioned people self-reported to adopt such behaviour [45]. However, in the last few years, the recycling rate of municipal waste in Portugal was far below the average of the European Union [46]. This suggests that Portugal residents may not be recycling properly.

Table IV.3 – Average frequency with which respondents engaged in the ecological behaviours described above (*N* = 232).

Ecological behaviour	Average frequency	SD (standard deviation)
Depositing garbage in the appropriate recycling bin	4.3	0.9
Reusing shopping bags	4.6	0.8
Avoiding buying single use plastics	3.6	1.2
Talking to others about environmental issues and Nature in general	3.5	1.1
Being involved in environmental restoration actions (e.g., tree plantations)	2.6	1.2
Participating in citizen science initiatives targeting Nature and/or the environment	2.2	1.1
Having a shower instead of a bath	4.4	1.2

A 5-point Likert scale was used by participants to indicate the frequency with which they adopted pro-environment behaviours (1 - never; 2 - rarely; 3 - sometimes; 4 - often; 5 - regularly).

The frequency of ecological behaviours was poorly correlated with the respondents' knowledge about Natura 2000 (r_s = 0.277, p = 0.007). Increasing the public's knowledge about biodiversity is widely considered necessary to foster the willingness to adopt pro-environment behaviours [2,47]; however, this study failed to show a strong correlation between Natura 2000 knowledge and engagement in ecological behaviours. This may be due to the fact that knowledge about the network is restricted to people highly literate about biological diversity, which is supported by our records that (i) in this study, 81% of respondents who were aware of Natura 2000 worked or pursued studies related to biology or nature conservation (n = 38); (ii) 74% of respondents that claimed to know what Natura 2000 is held at least one university degree (n = 35). This explanation is also supported by the results of a survey published by the European Commission in 2015, which revealed that Natura 2000 was unknown even for 39% of Europeans that self-reported to be well-informed about biodiversity loss [16].

IV-5. Conclusions

Although this network of protected areas intends to fulfil its conservation goals while engaging stakeholders in the management process, previous studies have showed that Natura 2000 is still unknown by a large majority of Europeans. This can undermine its conservation mission, as public participation is considered a crucial factor for successful

nature conservation initiatives [2,10,11,12,13]. The present study demonstrated that in Portugal, even the people aware of Natura 2000's existence knew little else about it. For instance, respondents could only name a very restricted number of sites belonging to this network. Furthermore, participants had very limited knowledge regarding the species inhabiting their favourite site as well as the main factors threatening it. Therefore, despite a recent Eurobarometer showing that the Portuguese population is more familiar with biodiversity and Natura 2000 than the average of the European Union [6], Natura 2000 knowledge was still found to be rather restricted. Plus, similar conclusions were reached for Poland. The limited literacy levels detected are especially worrisome, given that the current study had an overrepresentation of people who were expected to be highly literate in the topics of the survey. It is also worth highlighting that no statistically significant correlation was found between Natura 2000 literacy and the annual number of visits to this network. This raises the important question of whether these protected areas have enough conservation-related activities and/or information displayed on-site. The bottom line is that the current paper is another testimony of the urgent need for the improvement of science communication efforts focusing on Natura 2000, with the ultimate aim of enhancing its performance regarding species and habitats conservation. Overall, no significant strong correlation was found between the knowledge about nationally threatened species and Natura 2000 literacy or the adoption frequency of ecological behaviours.

IV-6. Acknowledgments

The authors would like to thank all the participants involved in this study for taking the time to fill in the questionnaire.

IV-7. References

1. Millennium Ecosystem Assessments. *Ecosystems and Human Well-Being: Biodiversity Synthesis*; World Resources Institute: Washington, DC, USA, 2005.
2. Convention on Biological Diversity. *Global Biodiversity Outlook 4*; Secretariat of the Convention on Biological Diversity: Montréal, QC, Canada, 2014; ISBN 92-9225-539-8.
3. European Court of Auditors. *More Efforts Needed to Implement the Natura 2000 Network to Its Full Potential. Special Report*; Publications Office of the European Union: Luxembourg, 2017.

4. Sundseth, K. *The EU Birds and Habitats Directives: For Nature and People in Europe*; Publications Office of the European Union: Luxembourg, 2015.

5. Management of Natura 2000 Sites. Available online: **https://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/management/guidance_en.htm** (accessed on 15 May 2020).

6. European Commission. *Special Eurobarometer 481–Attitudes of Europeans towards Biodiversity*; Kantar Public Brussels: Brussels, Belgium, 2019.

7. Gotkiewicz, W.; Sternik, P. Environmental Awareness Among the Rural Population in Natura 2000 Areas, with Bartoszyce and Sorkwity Communes as an Example. *Environ. Prot. Nat. Resour.* **2014**, *25*, 77–81.

8. Pietrzyk-Kaszyńska, A.; Cent, J.; Grodzińska-Jurczak, M.; Szymańska, M. Factors influencing perception of protected areas—The case of Natura 2000 in Polish Carpathian communities. *J. Nat. Conserv.* **2012**, *20*, 284–292.

9. Głąbiński, Z. Ecological awareness of tourists in the coastal areas of Poland—Preliminary results of the survey. *Bull. Geogr. Socioecon. Ser.* **2015**, *28*, 53–68.

10. McKinley, D.C.; Miller-Rushing, A.J.; Ballard, H.L.; Bonney, R.; Brown, H.; Cook-Patton, S.C.; Evans, D.M.; French, R.A.; Parrish, J.K.; Phillips, T.B.; et al. Citizen science can improve conservation science, natural resource management, and environmental protection. *Biol. Conserv.* **2017**, *208*, 15–28.

11. Ruddy Duck Project. Eradication of Ruddy Ducks in the UK to Protect the White-Headed Duck. Available online: **http://www.nonnativespecies.org/index.cfm?pageid=244** (accessed on 14 September 2020).

12. Beachy, J.R.; Neville, R.; Arnott, C. Successful control of an incipient invasive amphibian: Eleutherodactylus coqui on O'ahu, Hawai'i. In *Island Invasives: Eradication and Management, Proceedings of the International Conference on Island Invasives, Auckland, New Zealand, 8–12 February 2010*; Veitch, C.R., Clout, M.N., Towns, D.R., Eds.; IUCN and Centre for Biodiversity and Biosecurity (CBB): Gland, Switzerland; Auckland, New Zealand, 2011; pp. 140–147.

13. Kati, V.I.; Hovardas, T.; Dieterich, M.; Ibisch, P.L.; Mihok, B.; Selva, N. The Challenge of Implementing the European Network of Protected Areas Natura 2000. *Conserv. Biol.* **2014**, 1–10.

14. Natura 2000 Data—The European Network of Protected Sites. Available online: **https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/natura-11** (accessed on 15 May 2020).

15. Commission Refers Portugal to Court over Its Failure to Adequately Protect Natural Habitats and Species. Available online: **https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_18_356** (accessed on 14 September 2019).

16. European Commission. *Special Eurobarometer 436: Attitudes of Europeans towards the Issue of Biodiversity (Wave 4)*; TNS Political & Social [Producer]: Brussels, Belgium, 2015.

17. Kaiser, F.G.; Wilson, M. Assessing People's General Ecological Behavior: A Cross-Cultural Measure. *J. Appl. Soc. Psychol.* **2000**, *30*, 952–978.

18. Porter, S.R.; Whitcomb, M.E.; Weitzer, W.H. Multiple surveys of students and survey fatigue. *New Dir. Inst. Res.* **2004**, *121*, 63–73.

19. Rede Nacional de Áreas Protegidas. Available online: **http://www2.icnf.pt/portal/ap/rnap** (accessed on 14 September 2020).

20. N° de Visitantes que Contactaram as Áreas Protegidas. Available online: **https://www.icnf.pt/api/file/doc/cef53d5079576383** (accessed on 15 May 2020).

21. Parque Natural da Serra da Estrela. Available online: **http://www2.icnf.pt/portal/ap/p-nat/pnse** (accessed on 14 September 2020).

22. Teodoro, A.F.G. O Sucesso do Turismo no Espaço Rural da Serra da Estrela: Realidades e Utopias. Master's Thesis, Instituto Politécnico de Coimbra—Escola Superior Agrária, Coimbra, Portugal, 2015.

23. Natura 2000 Network Viewer. Available online: **http://natura2000.eea.europa.eu/** (accessed on 15 May 2020).

24. Flora-on. Available online: **https://flora-on.pt/** (accessed on 15 May 2020).

25. Cabral, M.J.; Almeida, J.; Almeida, P.R.; Delliger, T.; Ferrand de Almeida, N.; Oliveira, M.E.; Palmeirim, J.M.; Queirós, A.I.; Rogado, L.; Santos-Reis, M.

(Eds.) *Livro Vermelho dos Vertebrados de Portugal*; Instituto da Conservação da Natureza: Lisboa, Portugal, 2005; ISBN 978-972-37-1082-3.

26. Loureiro, A.; Ferrand de Almeida, N.; Carretero, M.A.; Paulo, O.S. (Eds.) *Atlas dos Anfíbios e Répteis de Portugal*; Instituto da Conservação da Natureza e da Biodiversidade: Lisboa, Portugal, 2008; ISBN 9789896800055.
27. Bencatel, J.; Sabino-Marques, H.; Álvares, F.; Moura, A.E.; Barbosa, A.M. *Atlas de Mamíferos de Portugal*, 2nd ed.; Universidade de Évora: Évora, Portugal, 2019; ISBN 978-989-8550-80-4.
28. BioDiversity4All. Available online: **https://www.biodiversity4all.org/** (accessed on 15 May 2020).
29. Vaca-Loura.pt: Resultados. Available online: **http://www.vacaloura.pt/resultados/** (accessed on 15 May 2020).
30. Aves de Portugal. Available online: **http://www.avesdeportugal.info/avesdeportugal-alfab.html** (accessed on 15 May 2020).
31. Pedro, A.P.E.D. Monitorização da Literacia Ambiental nos Alunos Finalistas do Ensino Secundário. Master's Thesis, Faculty of Sciences—University of Porto, Porto, Portugal, 2009.
32. Cordeiro, F.B.; Pedro, A.D.; Moura, A.P.; Santos, P.T.; Azeiteiro, U.M. Literacia ambiental no Ensino Secundário. *Captar* **2013**, *4*, 27–56.
33. Gomes, G.F.B.; Santos, P.T.; Azeiteiro, U.M. A literacia ambiental dos alunos finalistas do Ensino Secundário: O caso da Escola Secundária da Moita. *Captar* **2014**, *5*, 1–21.
34. Courchamp, F.; Jaric, I.; Albert, C.; Meinard, Y.; Ripple, W.J.; Chapron, G. The paradoxical extinction of the most charismatic animals. *PLoS Biol.* **2018**, *16*, e2003997.
35. Clucas, B.; McHugh, K.; Caro, T. Flagship species on covers of US conservation and nature magazines. *Biodivers. Conserv.* **2008**, *17*, 1517–1528.
36. Sitas, N.; Baillie, J.E.M.; Isaac, N.J.B. What are we saving? Developing a standardized approach for conservation action. *Anim. Conserv.* **2009**, *12*, 231–237.

37. Bennett, J.R.; Maloney, R.; Possingham, H.P. Biodiversity gains from efficient use of private sponsorship for flagship species conservation. *Proc. R. Soc. B* **2015**, *282*, 20142693.

38. McGowan, J.; Beaumont, L.J.; Smith, R.J.; Chauvenet, A.L.M.; Harcourt, R.; Atkinson, S.C.; Mittermeier, J.C.; Esperon-Rodriguez, M.; Baumgartner, J.B.; Beattie, A.; et al. Conservation prioritization can resolve the flagship species conundrum. *Nat. Commun.* **2020**, *11*, 994.

39. Sergio, F.; Newton, I.; Marchesi, L. Top predators and biodiversity. *Nature* **2005**, *436*, 192.

40. Andelman, S.J.; Fagan, W.F. Umbrellas and flagships: Efficient conservation surrogates or expensive mistakes? *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **2000**, *97*, 5954–5959.

41. Caro, T.M.; O'Doherty, G. On the Use of Surrogate Species in Conservation Biology. *Conserv. Biol.* **1999**, *13*, 805–814.

42. Kidd, L.R.; Gregg, E.A.; Bekessy, S.A.; Robinson, J.A.; Garrard, G.E. Tweeting for their lives: Visibility of threatened species on Twitter. *J. Nat. Conserv.* **2018**, *46*, 106–109.

43. Chandler, M.; See, L.; Copas, K.; Bonde, A.M.Z.; López, B.C.; Danielsen, F.; Legind, J.K.; Masinde, S.; Miller-Rushing, A.J.; Newman, G.; et al. Contribution of citizen science towards international biodiversity monitoring. *Biol. Conserv.* **2017**, *213*, 280–294.

44. Barros, B.; Oliveira, S.S.; Pereira, J.; Santos, P.; Pereira, R. Caracterização do papel dos social media em projetos de ciência cidadã ligados à biodiversidade. *Captar* **2019**, in press.

45. Hábitos de Reciclagem—Observatório de Tendências. Hábitos e Atitudes dos Portugueses face à Reciclagem de Resíduos. Available online: **http://www.novoverde.pt/documentacao-estatisticas** (accessed on 28 October 2020).

46. Eurostat Data Browser: Recycling Rate of Municipal Waste. Available online: **https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/t2020_rt120/default/table?lang=en** (accessed on 28 October 2020).

47. Levine, D.S.; Strube, M.J. Environmental Attitudes, Knowledge, Intentions and Behaviors Among College Students. *J. Soc. Psychol.* **2012**, *152*, 308–326.

IV-8. Supplementary material IV

Table IV.S1 – Sections (and sub-sections) of the implemented questionnaire and the respective number as well as type of questions included in each one. Besides, for each sub-section, details on the data analysis executed are shown. It is worth mentioning that the spearman's correlation was performed using a combined measure of the literacy about Natura 2000 (for each participant, it was calculated the sum of the correct answers given to the sub-sections 5-c and 5-d) and each variable marked below. The specific ecological behaviours assessed are discriminated on table 3 (found within the article).

	Questionnaire			**Data analysis**		
Section	**Sub-sections**	**Nr. of questions**	**Types of questions**	**%**	**Average + Standard deviation**	**Spearman's correlation**
(1) Demographic data	(a) Age	1	Open-ended, short answer	X		
	(b) Gender	1	Close-ended	X		
	(c) Place of residency	1	Close-ended	X		
	(d) Education level	1	Close-ended	X		
	(e) Job / Studies field	1	Close-ended	X		
(2) Awareness about Natura 2000	-	1	Close-ended	X		
(3) Ecological behaviours	-	5	Close-ended (5-point Likert scale)		X	X
(4) Knowledge about threatened species	-	1	Open-ended, long answer	X	X	X
(5) Knowledge about Natura 2000	(a) Natura 2000 sites in Portugal	1	Open-ended, long answer		X	

	(b) Favourite Natura 2000 site	1	Open-ended, short answer	X		
	(c) Species inhabiting Natura 2000 sites	1	Open-ended, long answer	X	X	
	(d) Threats to Natura 2000 sites	1	Close-ended	X	X	
	(e) Visits to Natura 2000	1	Close-ended			X

This supplementary material is available at: https://www.mdpi.com/2071-1050/12/22/9663/s1

V. ASSESSING SOIL QUALITY IN SCHOOLYARDS: A HANDS-ON ACTIVITY FOR MIDDLE SCHOOL STUDENTS

Sofia S. Oliveira[1,2,*], Joana Pereira[3], Paulo Santos[1,2] and Ruth Pereira[2,4]

1 – CIIMAR—Interdisciplinary Centre of Marine and Environmental Research, 4450-208 Matosinhos, Portugal

2 – Department of Biology, Faculty of Sciences, University of Porto, 4169-007 Porto, Portugal

3 – CESAM—Centre for Environmental and Marine Studies, Department of Biology, University of Aveiro, 3810-193 Aveiro, Portugal

4 – GreenUPorto—Sustainable Agrifood Production Research Centre, 4485-646 Vairão, Portugal

* Author to whom correspondence should be addressed.

The American Biology Teacher 2021, 83(5), 319-324; https://doi.org/10.3390/su12229663

V-1. Abstract

Soil provides innumerable valuable ecosystem services, such as the production of food and the direct support of wildlife, by ensuring the availability of adequate habitat. However, unsustainable human activities are resulting in degradation of soils worldwide. Hence, it is of utmost importance to raise awareness about this often-overlooked environmental issue. This article presents an inquiry-based activity that challenges students to assess the ecological quality of soil in the surroundings of their classroom. Plus, students and teachers are invited to become citizen scientists by sharing their data with researchers, thus contributing to a future endeavor to map soil quality through broad geographic ranges.

Keywords: citizen science; biology education; environmental education; soil monitoring.

V-2. Introduction

Soil is composed of minerals, organic matter, air, water, and living organisms. It is essential for the support of life on Earth, delivering crucial ecosystem services such as food and habitat for thousands of species. Yet soils are increasingly becoming degraded, mostly because of unsustainable use by humans. Application of pesticides and mining are only two examples of the many activities that can severely damage soil structure and function. As a nonrenewable resource, soil takes hundreds of years to form, which makes the need to preserve this asset even more urgent (Orgiazzi et al., 2016).

Approaches to soil preservation include the propagation of recommendations, guidelines, and frameworks focused on monitoring, protecting, and recovering soil quality (e.g., Canadian Council of Ministers of the Environment, 1999; CEC, 2006; Toronto and Region Conservation Authority, 2012; FAO, 2017), but the involvement and engagement of the society at large is critical to the success of these interventions. In this context, citizen science can play a relevant role. Citizen science can be broadly defined as the active participation of nonexperts in scientific research (McKinley et al., 2017; Newman et al., 2017). This approach produces relevant data for research purposes while contributing to the education of participants in various scientific topics. Citizen science projects can be designed to integrate hands-on and inquiry-based activities (e.g., OPAL, n.d.), which are widely regarded as more effective in increasing the interest of students in scientific topics (Rocard et al., 2007; Holstermann et al., 2010; Trnova & Trna, 2011; McConney et al., 2014). Hence, this is a valuable approach to raise awareness about the importance of soil and its sustainable use among the school community.

The activity presented here – “Is the Quality of This Soil Any Good?” – challenges students to evaluate several physical, chemical, and biological parameters that reflect the quality of the soil (table IV.1). Ultimately, they are invited to assess whether the soil of their schoolyard has a bad, a reasonable, or a good quality, and discuss which parameters contributed the most to the obtained result. For a complete protocol and resources, see the Supplemental Material IV with the online version of this article.

Table V.1 – Physical, chemical, and biological parameters that the students are expected to evaluate and their respective relationships with soil quality. Adapted and compiled from Bardgett & van der Putten (2014), Lwanga et al. (2016), Orgiazzi et al. (2016), Rodriguez-Seijo et al. (2017), Machado et al. (2018), and USDA (n.d.).

Parameter	Relationship with Soil Ecological Quality
Organic matter	Soil microorganisms decompose organic matter into nutrients, making them available for plants. More organic matter means

	more nutrients and, thus, better soil fertility in general. Organic matter in soils also represent a "storage of carbon," removing it from the atmosphere, where carbon gases (e.g., CO_2) account for climate changes.
Soil color	Soil color can be used as an indicator of the mineral composition of soils as well as their organic matter content. For instance, a light gray color suggests the presence of quartz, while a dark black color that decreases in intensity with depth is a sign of high organic matter content.
Vegetation	Plants influence the amount of organic matter that reaches the ground because they are one of its major sources, and also protect the soil against erosion from rain and wind. Plus, the roots of plants (i.e., the so-called rhizosphere) are hot spots of biodiversity in soils.
Microorganisms	Decomposition of organic matter is mostly carried out by microorganisms. Usually, soils with higher abundance, activity, and diversity of microorganisms have faster decomposition rates of organic matter (as well as of different carbon substrates), thus improving the availability of nutrients to sustain primary production (i.e., plant growth).
Water infiltration and retention capacity	Water is essential for the survival of all organisms, including those living in soils. Actually, soil is considered a semiaquatic habitat. Thus, soil biodiversity depends largely on the soil's ability to take up water and retain it. Water percolation in soils is also extremely important for its purification and, subsequently, for the recharge of water tables with water of good quality.
Soil compaction	Soil compaction reduces the oxygen and water available within the soil. Besides, it also leads to the collapse of the pores used as habitat by several organisms. As a result, compacted soils tend to have lower biodiversity and worst characteristics for the development of plant roots.
Earthworms and other "soil engineers"	Roots and soil animals – especially earthworms – have great influence on the structure of the soil, by opening biopores and tunnels, which (1) work as adequate habitat for smaller animals, (2) make soil less compact, and (3) facilitate water infiltration and retention. These "soil engineers" also promote circulation of organic matter and accelerate its decomposition. In addition, some earthworms produce "chemical cues" that stimulate the growth of plants.
pH	The pH is an abiotic factor that determines which organisms can and cannot live within a given soil. Different species have different tolerance ranges to this parameter. However, soils that are too acidic (pH <5.0) or too basic (pH> 7.5) tend to host less biodiversity. The soil pH also determines the availability of nutrients to plants.

Pollution	Pollution refers to the presence of contaminants on soils at levels able to cause effects on soil organisms and soil processes. Different types of pollution will affect the soil in different ways. For instance, the soil microbial community can degrade some organic contaminants, preventing their accumulation in this environmental compartment and the possible contamination of water tables. However, if contaminants are present at levels able to affect microorganisms, the latter's function is compromised, and soil becomes a poor-quality habitat. Plastic waste and other nondegradable products, having been deposited in the ground, degrade over time into smaller pieces that eventually cannot be distinguished from food particles, but these residues bear no nutritional value and can affect the growth of earthworms and other soil organisms and even lead to their death.

V-3. Methods

To Whom?

The activity is aimed at middle school students (grades 6–8) in the United States, and it is useful for exploring "Earth and Human Activity" (MS-ESS3-3 in *Next Generation Science Standards*; NGSS Lead States, 2013) and is aligned with other middle school curricula as well (e.g., National Research Council, 2012; NY Education Department, 2016; NJ Department of Education, n.d.). Still, given its general character, this activity can be used in formal and nonformal educational contexts worldwide. For example, it can be used by teachers in Ontario, Canada, to explore "Understanding Life Systems: Interactions in the Environment" (Ontario – Ministry of Education, 2007), or by teachers in Portugal to address "Sustainability on Earth" (Bonito et al., 2013).

When & Where?

The activity can be performed during every season, although teachers should avoid implementing it two to three days after intense rainfall. Any place that has soil, such as a farm, a garden, or a lawn would be adequate for implementation (figure IV.1).

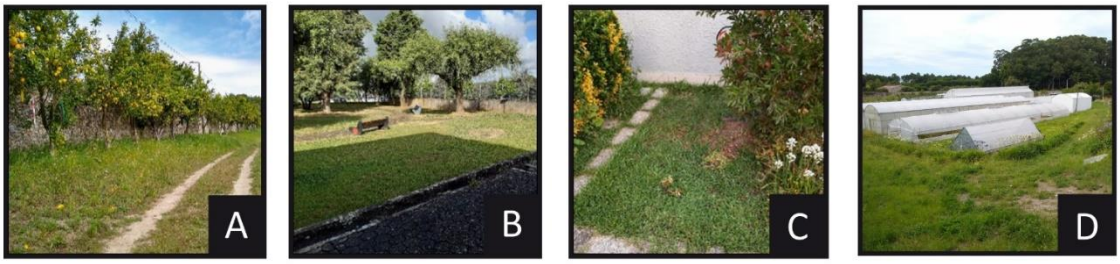


Figure V.1 – Places where this activity was already implemented: (A) pathways (photo by Maria Ferreira); (B) schoolyard lawn (photo by Carlos Gomes); (C) garden (photo by Francisco Moreira); (D) farm (photo by Bárbara Barros).

Depending on the requirements and/or constraints of each class, different sites can be assessed to analyze the differences in the quality of soil patches subjected to different types and degrees of human pressure (e.g., no trampling vs. intense trampling; no visible litter vs. some litter; with or without vegetation cover). For a suggested application, see Box 1.

Box 1: Does human trampling affect soil quality?

Trampling (e.g., by pedestrians, cattle, and/or vehicles) is one of many human activities that negatively impact the soil (Korkanç, 2014; Orgiazzi et al., 2016), leading to the degradation of natural habitats. Although moderate trampling may be beneficial to certain plant species that are better adapted to deal with this disturbance (Kobayashi et al., 1997), most of its effects on the biosphere are negative (Orgiazzi et al., 2016). For instance, trampling damages vegetation and – depending on its intensity – can significantly reduce vegetative cover (Korkanç, 2014; Orgiazzi et al., 2016). As a direct consequence, the soil will become more vulnerable to erosion. Plus, trampling may directly increase the degree of soil compaction, which will result in a decrease in the quantities of oxygen and water available, as well as in reduced habitability of biopores for mesofauna. It is worth noting that these factors often lead to a decline in the biodiversity inhabiting the soil, along with reduced fertility (Orgiazzi et al., 2016). Given this rationale, teachers can challenge their students to conduct an experiment to answer the research question “Does human trampling affect soil quality?” They can apply the methods described for the present activity to monitor nearby soil patches that are subjected to different degrees of human trampling. To wrap up the lesson, teachers can engage students in a discussion about ideas for minimizing the impact of trampling on the studied soil patches and on how to improve their overall quality.

What Is Needed?

The activity was carefully designed to require only readily available equipment and materials, many of them reusable:

- **Equipment**
  - A mobile device with GPS (e.g., mobile phone) or computer
  - A photographic camera
  - A clock or stopwatch
- **Materials**
  - The field notebook (see Supplemental Material IV)
  - A pencil
  - A ruler or measuring tape
  - A shovel
  - A large tray or bowl
  - A small tray or bowl
  - Some sheets of toilet paper or tissues
  - Two cups or glasses
  - A spoon
  - One 750 mL container (e.g., reused water bottle)
  - Two pH strips (universal indicator)
- **Reagents**
  - 2 L water
  - Some sheets of toilet paper or tissues
  - A few drops of vinegar
  - One teaspoon of mustard powder

How to Proceed?

Students should be divided into groups, and each group should be assigned a different soil patch to perform the activity as illustrated in figure IV.2; the estimated time frame for the activity is 60–90 minutes.

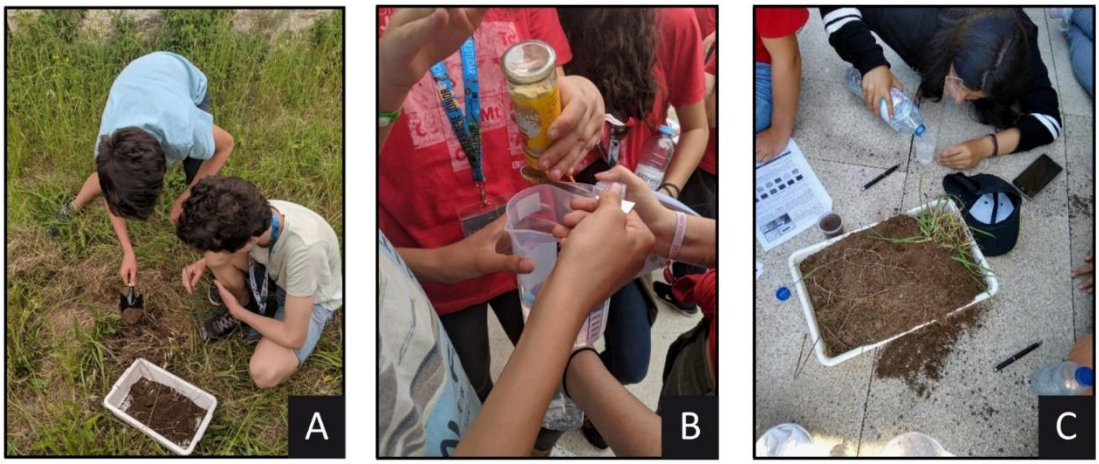


Figure V.2 – Middle school students implementing the activity: (A) participants digging a soil pit in their study area; (B) a group of students preparing a mustard solution to collect earthworms from the bottom layers of the soil; (C) a student preparing the setup to measure soil pH.

Each group is expected to follow along with and fill in a single field notebook (see Supplemental Material IV) with the assistance of the teacher. Besides blank spaces to record observations, this field notebook contains detailed instructions on the necessary procedures in five sections:

A. Site description – characterization of the study area and description of the weather conditions during the fieldwork

B. Earthworm collection – employment of two different methods to retrieve earthworms from a soil pit, followed by recording of the observations (see Box 2)

C. Soil properties – qualitative and quantitative analysis of some soil properties, such as humidity, pH, and color

D. Interpretation of results – a scoring scheme allows students to sum points given to each assessed parameter in order to classify the quality of the studied soil as “good,” “reasonable,” or “bad”

E. Sharing the results – teachers and students are encouraged to share their data with our team via an online form (at https://forms.gle/bxM4KfQjMx1oRCYp9; see Supplemental Material IV)

Box 2: Dealing with earthworms – trepidation vs. disappointment

Given that this activity involves finding and handling earthworms, teachers may face two distinct challenges when implementing it. On one hand, students may be afraid or

reticent to touch these animals. Hence, before heading outside to carry out the fieldwork, teachers should ask the class if anyone has concerns regarding handling earthworms. If there is a positive answer, the teacher can ease their negative feelings toward these invertebrates by stating they are harmless and by discussing their fundamental role in soil quality. Providing students with tools that allow them not to touch earthworms directly (e.g., gloves, tongues) may also be helpful. On the other hand, some participants may be disappointed if they do not find any earthworms in the soil patches. In case this happens, teachers can challenge their students to look for earthworms around their homes and bring them to school, along with a sample of the soil in which they were found. This will provide an excellent opportunity to compare the properties of both soils (with the partial application of our protocol) and debate why earthworms may be present in the soil patches near their houses but absent from those in the schoolyard.

Why Should Teachers/Students Share Their Results?

This citizen science activity resulted from a partnership between four Portuguese institutions: Faculty of Sciences of the University of Porto; CIIMAR – Interdisciplinary Centre of Marine and Environmental Research; GreenUPorto – Sustainable Agrifood Production Research Centre; and CESAM – Centre for Environmental and Marine Studies. Its purpose is to map soil quality across the globe while educating about this vital nonrenewable resource. All data submitted by schools will be analyzed in order to identify potential degraded areas and to study how different human activities affect soil quality. The mass participation of school communities is essential to ensure a sufficient sample size and to broaden the geographic coverage of the study.

V-4. Final Considerations

Nowadays, hands-on and inquiry-based activities are broadly regarded as an effective pedagogical practice (NABT, 2005; Rocard et al., 2007; Holstermann et al., 2010; Trnova & Trna, 2011; Hazelkorn et al., 2015). One of the reasons is the ability of hands-on and inquiry-based activities to increase the interest and engagement of students in science (Rocard et al., 2007; Holstermann et al., 2010; McConney et al., 2014). Moreover, because the present activity is part of a broader (i.e., covering other topics) citizen science project, the data collected by students can be shared with researchers. This means that students can contribute to the production of new scientific discoveries, and this may be an additional motivation for them, as reported in regard to other citizen science campaigns (Silva et al., 2016; Vitone et al., 2016). If relevant in size and

geographic coverage, the data collected via the online form for post-activity fulfillment (address provided above and in the field notebook, section E; see Supplemental Material IV) will be treated and used for a meta-analysis of soil quality across broad geographic areas, depending on the number and distribution of the contributions.

A practical advantage of this activity is that the supplies needed to implement it are readily available and inexpensive. However, given the lack of sophistication of the methods, the accuracy of some parameters will likely be lower than that obtained by following standard scientific protocols. Still, the results obtained with this activity are valuable from a scientific point of view as a preliminary assessment of soil quality, especially considering the broad geographic coverage that can be reached (e.g., Bone et al., 2014). Besides, the local relevance of this activity can be capitalized upon: its results can be used directly to guide future interventions in the schoolyard, with the aim of improving the quality of the soil and its ability to function as an appropriate habitat for local biodiversity. This is a suitable route for extending the learning experience of students engaged with the environment and biodiversity, contributing to the improvement of their skills for appropriate soil quality management.

This activity has been used in Portugal under the guidance of the same field notebook included in the Supplemental Material IV (but translated into Portuguese). So far, the activity has been repeated a total of 63 times, engaging more than 150 people in soil analysis. Meanwhile, only two relevant difficulties were found during the application of the activity. The first is related to the unpredictability of the weather, as the activity should not be performed at least three days after intense rainfall; the second concerns the allergies that students may occasionally experience (e.g., grass allergy), which may prevent them from participating in the fieldwork if these issues are not appropriately accounted for beforehand. The use of gloves must be considered if teachers expect some type of contamination based on soil use in the study area.

The discussion above on advantages and disadvantages of the proposed activity is summarized in the brief SWOT analysis shown in table IV.2.

Table V.2 – Brief SWOT analysis exploring the strengths, weaknesses, opportunities, and threats inherent to the activity "Is the Quality of This Soil Any Good?"

Strengths
Hands-on and inquiry-based activity
Easily acquirable and low-cost materials

Weaknesses
Lower accuracy

Opportunities
Direct contribution to science
Improvement of the soil quality in schoolyards

Threats
Weather-dependent fieldwork
Students' allergies

V-5. Acknowledgments

This work was supported by the Portuguese Foundation for Science and Technology (FCT) under the grant SFRH/BD/129529/2017, and partly funded by the Junior University – University of Porto, Portugal. Thanks are due for financial support from CESAM (UIDP/50017/2020+UIDB/50017/2020) and GreenUPorto (UIDB/05748/2020 and UIDP/05748/2020), from FCT/MCTES through national funds. J.P. is funded by national funds, through FCT, in the scope of the framework contract foreseen in art. 23 of the Decree-Law 57/2016, changed by Law 57/2017. Finally, a very special thank you to some of our participants – Maria Ferreira, Carlos Gomes, Francisco Moreira, and Bárbara Barros – for allowing the use of their photographs in this article.

V-6. References

Bardgett, R. D., & van der Putten, W. H. (2014). Belowground biodiversity and ecosystem functioning. *Nature*, *515(7528)*, 505–511. doi:10.1038/nature13855

Bone, J., Barraclough, D., Eggleton, P., Head, M., Jones, D. T., & Voulvoulis, N. (2014). Prioritising soil quality assessment through the screening of sites: the use of publicly collected data. *Land Degradation & Development*, *25*, 251-266. doi:10.1002/ldr.2138

Bonito, J., Morgado, M., Silva, M., Figueira, D., Serrano, M., Mesquita, J., & Rebelo, H. (2013). *Metas Curriculares do Ensino Básico – Ciências Naturais (5.º, 6.º, 7.º e 8.º anos)*. Governo de Portugal – Ministério da Educação e da Ciência. Retrieved on March 2nd, 2020, from https://www.dge.mec.pt/programas-e-metas-curriculares/ciencias-naturais

Canadian Council of Ministers of the Environment. (1999). Canadian soil quality guidelines for the protection of environmental and human health: Introduction. In *Canadian environmental quality guidelines*. Winnipeg: Canadian Council of Ministers of the Environment.

CEC – Commission of the European Communities. (2006). *Communication from the commission to the Council, the European Parliament, the European Economic*

and Social Committee and the Committee of the Regions. Thematic Strategy for Soil Protection. Brussels: Commission of the European Communities.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2017). *Voluntary Guidelines for Sustainable Soil Management*. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Hazelkorn, E., Ryan, C., Beernaert, Y., Constantinou, C. P., Deca, L., Grangeat, M., Karikorpi, M., Lazoudis, A., Casulleras, R. P., & Welzel-Breuer M. (2015). *Science education for responsible citizenship*. Luxemburg: European Commission, Publications Office of the European Union. doi:10.2777/12626

Holstermann, N., Grube, D., & Bögeholz, S. (2010). Hands-on activities and their influence on students' interest. *Research in Science Education*, *40*, 743–757. doi:10.1007/s11165-009-9142-0

Kobayashi, T., Hori, Y., & Nomoto, N. (1997). Effects of trampling and vegetation removal on species diversity and micro-environment under different shade conditions. *Journal of Vegetation Science*, *8(6)*, 873-880. doi:10.2307/3237032

Korkanç, S. Y. (2014). Impacts of recreational human trampling on selected soil and vegetation properties of Aladag Natural Park, Turkey. *CATENA*, *113*, 219-225. doi:10.1016/j.catena.2013.08.001

Lwanga, E. H., Gertsen, H., Gooren, H., Peters, P., Salánki, T., van der Ploeg, M., Besseling, E., Koelmans, A. A., & Geissen, V. (2016). Microplastics in the terrestrial ecosystem: implications for *Lumbricus terrestris* (Oligochaeta, Lumbricidae). *Environmental Science & Technology*, *50*, 2685-2691. doi:10.1021/acs.est.5b05478

Machado, A. A. S., Kloas, W., Zarfl, C., Hempel, S., & Rillig, M.C. (2018). Microplastics as an emerging threat to terrestrial ecosystems. *Global Change Biology*, *24*, 1405-1416. doi:10.1111/gcb.14020

McConney, A., Oliver, M. C., Woods-McConney, A., Schibeci, R., & Maor, D. (2014). Inquiry, engagement, and literacy in science: a retrospective, cross-national analysis using PISA 2006. *Science Education*, *98(6)*, 963–980. doi:10.1002/sce.21135

McKinley, D. C., Miller-Rushing, A. J., Ballard, H. L., Bonney, R., Brown, H., Cook-Patton, S. C., Evans, D. M., French, R. A., Parrish, J. K., Phillips, T. B., Ryan, S.

F., Shanley, L. A., Shirk, J. L., Stepenuck, K. F., Weltzin, J. F., Wiggins, A., Boyle, O. D., Briggs, R. D., Chapin III, S. F., Hewitt, D. A., Preuss, P. W., & Soukup, M. A. (2017). Citizen science can improve conservation science, natural resource management, and environmental protection. *Biological Conservation*, *208*, 15-28. doi:10.1016/j.biocon.2016.05.015

NABT – National Association of Biology Teachers. (2005). *Role of laboratory and field instruction in biology education. NABT Position Statement*. Retrieved October 20th, 2019, from https://nabt.org/Position-Statements-Role-of-Laboratory-and-Field-Instruction-in-Biology-Education

National Research Council. (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Washington, DC: The National Academies Press. https://doi.org/10.17226/13165.

Newman, G., Chandler, M., Clyde, M., McGreavy, B., Haklay, M., Ballard, H., Gray, S., Scarpino, R., Hauptfeld, R., Mellor, D., & Gallo, J. (2017). Leveraging the power of place in citizen science for effective conservation decision making. *Biological Conservation*, *208*, 55-64. doi:10.1016/j.biocon.2016.07.019

NGSS Lead States (2013). *Next Generation Science Standards.* Washington, DC: National Academies Press.

NJ Department of Education. (no date). *Science: Grade Eight Model Curriculum Overview*. Retrieved on March 2nd, 2020, from https://www.nj.gov/education/modelcurriculum/

NY Education Department. (2016). *Science Learning Standards: New York State P-12 Science Learning Standards*. Retrieved on March 2nd, 2020, from http://www.nysed.gov/curriculum-instruction/science-learning-standards

Ontario – Ministry of Education. (2007). *The Ontario Curriculum Grades 1-8: Science and Technology*. Retrieved on March 2nd, 2020, from http://www.edu.gov.on.ca/eng/curriculum/elementary/scientec.html

OPAL – Open Air Laboratories. (no date.) *OPAL's national citizen science surveys*. Retrieved on March 2nd, 2020, from https://www.opalexplorenature.org/surveys

Orgiazzi, A., Bardgett, R. D., Barrios, E., Behan-Pelletier, V., Briones, M. J. I., Chotte, J-L., De Deyn, G. B., Eggleton, P., Fierer, N., Fraser, T., Hedlund, K., Jeffery, S., Johnson, N. C., Jones, A., Kandeler, E., Kaneko, N., Lavelle, P., Lemanceau, P.,

Miko, L., Montanarella, L., Moreira, F. M. S., Ramirez, K. S., Scheu, S., Singh, B. K., Six, J., van der Putten, W. H., & Wall, D. H. (Eds.) (2016). *Global soil biodiversity atlas*. Luxemburg: European Commission, Publications Office of the European Union. doi:10.2788/2613

Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H., & Hemmo, V. (2007). *Science Education now: a renew pedagogy for the future of Europe*. Luxemburg: European Commission, Publications Office of the European Union. ISBN 978-92-79-05659-8

Rodriguez-Seijo, A., Lourenço, J., Rocha-Santos, T. A. P., da Costa, J., Duarte, A. C., Vala, H., & Pereira, R. (2017). Histopathological and molecular effects of microplastics in Eisenia andrei Bouché. *Environmental Pollution*, *220*, 495–503. doi:10.1016/j.envpol.2016.09.092

Silva, C. G., Monteiro, A., Manahl, C., Lostal, E., Holocher-Ertl, T., Andrade, N., Brasileiro, F., Mota, P. G., Sanz, F. S., Carrodeguas, J. A., & Brito, R. M. M. (2016). Cell Spotting: educational and motivational outcomes of cell biology citizen science project in the classroom. *Journal of Science Communication*, *15(01)*, A02.

Toronto and Region Conservation Authority. (2012). *Preserving and Restoring Healthy Soil: Best Practices for Urban Construction*. Retrieved on March 12, 2020, from https://bit.ly/33hv8RN

Trnova, E., & Trna, J. (2011). Hands-on experimental activities in inquiry-based science education. *Proceedings book of the joint international conference MPTL'16 - HSCi 2011*, 293-298. Ljubljana, Slovenia: University of Ljubljana. ISBN 978-961-269-637-5

USDA – United States Department of Agriculture. (no date). *The Color of Soil*. Retrieved September 13th, 2020, from https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/edu/?cid=nrcs142p2_054286

Vitone, T., Stofer, K. A., Steininger, M. S., Hulcr, J., Dunn, R., & Lucky, A. (2016). School of Ants goes to college: integrating citizen science into the general education classroom increases engagement with science. *Journal of Science Communication*, *15(01)*, A03.

V-7. Supplementary material V – Activity "Is the quality of this soil any good?"

This protocol was adapted from the following sources:

Bone, J., Archer, M., Barraclough, D., Eggleton, P., Flight, D., Head, M., Jones, D.T., Scheib, C. & Voulvoulis, N. (2012). Public participation in soil surveys: lessons from a pilot study in England. Environmental Science & Technology, 46, 3687-3696. doi:10.1021/es203880p

Bone, J., Barraclough, D., Eggleton, P., Head, M., Jones, D.T. & Voulvoulis, N. (2014). Prioritising soil quality assessment through the screening of sites: the use of publicly collected data. Land Degradation & Development, 25, 251-266. doi:10.1002/ldr.2138

Head, M., Voulvoulis, N., Bone, J., Jones, D.T., Lowe, C.N., Edwards, L., Stevens, E., Barraclough, D., Boucard, T., Flight, D., Taylor, H., Eggleton, P., Brooks, S., Sherlock, E., Norman, S., Parker, L., Farley-Brown, R., Davies, L. & Bachariou, C. (2015). The OPAL soil and earthworm survey booklet. Retrieved October 15, 2018, from www.opalexplorenature.org

Natural Resources Conservation Service (2001). Guidelines for soil quality assessment in conservation planning. USA: United States Department of Agriculture – Natural Resources Conservation Service.

Pelosi, C. & Römbke, J. (2016). Are Enchytraeidae (Oligochaeta, Annelida) good indicators of agricultural management practices? Soil Biology and Biochemistry, 100, 255-263. doi:10.1016/j.soilbio.2016.06.030

United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Natural Resources Conservation Service & Soil Quality Institute (2001). Soil quality test kit guide. Retrieved on October 11, 2018, from http://ow.ly/OPTV50jnRNR

Is the quality of this soil any good?
?
cesam
ciimar
Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental
GREENUPCRIMO
U.PORTO
FACULDADE DE CIÊNCIAS UNIVERSIDADE DO PORTO
FCT
Fundação para a Ciência e a Tecnologia

FIELD NOTEBOOK

Date of field work: ___/___/_____ (MM/DD/YYYY) Start time:___:___h End time:___:___h

Number of participants*: ____

* Nr. of people that directly contributed to the results register in this notebook.

Part A | Site description

1. Where are you going to apply this activity?

State:	

Country:	

	Latitude	Longitude
GPS coordinates of the site:		

Figure 1 – How to get GPS coordinates though Google Maps. The first value circled in red in both images corresponds to the latitude and the second one to the longitude. 1-A: In a mobile device, access the Google Maps APP and touch with your index finger on the map, as close as possible to your current location, to create a pin. A box will show up with the name and address of that location. The GPS coordinates will be displayed in the white bar on the top of the screen. 1-B: On the website, look for your study site location and click over it with the right button of the mouse. A box will appear displaying details such as the name, address and GPS coordinates of the location.

2. Take one picture of your study site and one of the surrounding landscape. Record the file names in the table below.

	File name
Study site	
Landscape	

3. How is the weather today?

4. How windy is it?

5. How would you characterize your study site location in terms of human settling?

○ Urban area ○ Suburban area ○ Rural area

6. Your study site is located in a residential or in an industrial area?

○ Residential area ○ Industrial area ○ Not applicable

7. Check all signs of pollution that you can see nearby:

○ Garbage

○ Industrial chimneys

○ Storage tanks (e.g. fuel)

○ Foam in ponds, lakes, ...

○ Sewage pipe

○ Wastewater Treatment Plant

Others

○ Others, namely:

8. How far is the nearest road?

◯ Less than 20 yd / 20 m ◯ 20 to 100 yd / 20 to 100 m ◯ More than 100 yd / 100 m

Name of the road: _____

9. Which of the following options best describes your study site?

◯ Agricultural field ◯ Garden ◯ Uncultivated field/Pasture

◯ Vegetable garden ◯ Forest ◯ Forest plantation

◯ Roadside ◯ Other: _____

Part B | Earthworm collection

1. In the site you intend to analyze, measure a square with a side of 8 in / 20 cm;
2. With the tip of a pencil, push the topsoil. Was it hard?

◯ No, it was easy

◯ Yes, it was hard: I had to push a bit hard for the tip to completely enter the topsoil

◯ Yes, it was very hard: I hard to push very hard for the tip to completely enter the topsoil

3. How much vegetation is covering the ground within your square?

◯ 0 – 25 %

◯ 25 – 50 %

◯ 50 – 75 %

◯ 75 – 100 %

4. Is your square located under the canopy of one or more trees?

◯ Yes ◯ No

5. Digg your sample square until the pit reaches a deepness of 4 in / 10 cm;

6. Put all the soil you remove from the pit on a tray and all the earthworms you find on a bowl (previously set with some wet paper inside);

7. While you were digging, did you see any roots of living plants?
   - ◯ No
   - ◯ Yes, but only small roots (diameter < 0.2 in / 0.5 cm)
   - ◯ Yes, but just small and medium size roots (diameter < 0.8 in / < 2 cm)
   - ◯ Yes, including large roots (diameter > 0.8 in / > 2 cm)

8. Take a closer look at the earthworms you collected and count the number of adult individuals as well as immature ones (figure 2);

Figure 2 – Adult earthworms have a ring-shaped structure that stands out from the rest of the body: the clitellum. Immature individuals don't have a clitellum.

9. How many earthworms did you find? Adults ☐ Immatures ☐

10. Rinse the earthworms with just a little bit of water;

11. Return the earthworms to the soil but remember to put them away from the pit you dug!

12. To collect the earthworms that live in the bottom layers of the soil, you need to prepare a mustard solution and pour it into the pit you dug. Don't worry: the mustard solution won't kill or cause any harm to the soil organisms!

Figure 3 – Instructions for the preparation and application of the mustard solution, which is used to collect the earthworms that inhabit the bottom layers of the soil. After adding the mustard powder to the water, shake the mix so the mustard gets well dissolved.

13. How long did it take for the solution to completely run off?
   - ◯ More than 5 minutes
   - ◯ Less than 5 minutes: _____ minutes and _____ seconds

14. How many earthworms emerged from the pit during the 5 minutes after the application of the mustard solution?

Adults ☐ Immatures ☐

15. Rinse the earthworms with just a little bit of water and return them to the soil.

Part C | Soil properties

For all the activities included in this part, use the soil that you dug from the pit.

1. Do you see any materials that aren't supposed to be in the soil (e.g. metals, plastics, glasses)?

◯ No, none ◯ Yes, a few (1 – 2 items)
◯ Yes, some (3 – 10 items) ◯ Yes, several (> 10 items)

2. Check all the signs of pollution you found:

◯ Construction materials (e.g. bricks, concrete) ◯ Glasses (e.g. broken bottles)
◯ Metals (e.g. soda can) ◯ Pieces of processed wood
◯ Plastics (e.g. plastic bag fragments) ◯ Other: _____

3. Take a handful of soil and squeeze it. What is the moisture level of the soil?

◯ Dry soil ◯ Wet soil ◯ Soaked soil: when I squeeze, water drips

4. Measurement of soil pH:

4.1. What is the water pH?
Fill a glass with water to a height of 2 in / 5 cm. Dip the pH strip into the glass for 3 seconds. Then, remove the strip from the glass and wait 2 minutes for the final color to form.

◯ 1 ◯ 2 ◯ 3 ◯ 4 ◯ 5 ◯ 6 ◯ 7
◯ 8 ◯ 9 ◯ 10 ◯ 11 ◯ 12 ◯ 13 ◯ 14

4.2. What is the soil pH?
Put a 0.4 in /1 cm layer of soil in a glass. Fill up the glass with water until it reaches a height of 2 in / 5 cm. Cover the glass and shake the solution during about a minute. Then, dip the pH strip into the glass for 3 seconds. Remove it and wait 2 minutes for the final color to form.

◯ 1 ◯ 2 ◯ 3 ◯ 4 ◯ 5 ◯ 6 ◯ 7
◯ 8 ◯ 9 ◯ 10 ◯ 11 ◯ 12 ◯ 13 ◯ 14

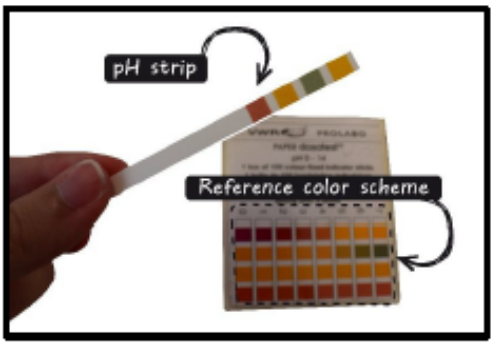


Figure 4 – Example of pH strips that can be use during step 4. In this case, the colored part of the strip should be dipped into the glass. After 2 minutes the colors of the strip should be compared to the ones in the box, to find out the pH of the water or soil.

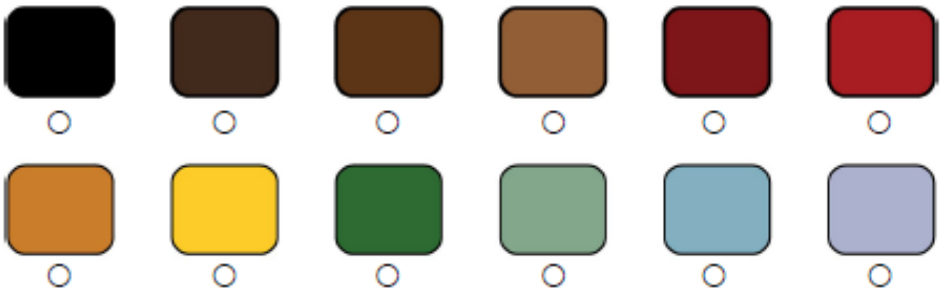
5. Effervescence Test: what happens when you add vinegar to the soil?
Separate an amount of soil about the size of a medium-size coin pour a few drops of vinegar over it and watch what happens. Foaming indicates that calcium carbonate is present in the soil, which is a substance that contributes to the increase in pH.

◯ Foaming ◯ Nothing happens

6. How does the soil smells?

◯ Bad (e.g. marshy/rotten smell) ◯ Earthy smell, sweat and fresh ◯ No smell

7. Which of the following colors is more similar to the color of the soil you are analyzing?



8. Return all the soil to the pit you dug.

Part D | Interpretation of results

In order to assess the ecological quality of the soil you studied, **complete table I**, taking into account the answers you gave in all the previous questions.

Table I – Scoring scheme for the classification of the ecological quality of a given soil based on some of its physical, chemical and biological properties.

Parameters	Question	Soil ecological quality			Studied soil (points)
		Bad (2 points)	Reasonable (5 points)	Good (8 points)	
Compaction	B.2	Very hard	Hard	Easy	
Vegetation [1]	B.3 B.4	0 – 25 % Yes/No	25 – 50 % No	Other combinations	
Root size	B.7	No roots or small roots only	Only small and medium size roots	Large roots	
Quantity of earthworms	B.9 + B.14	< 5	5 – 10	> 10	
Water infiltration capacity	B.13	> 5 min	3 – 5 min	< 3 min	
Quantity of residuals	C.1	> 10	3 – 10	0 – 2	
Water retention capacity	C.3	Dry soil	Wet soil	Soaked soil	
Soil pH [2]	C.4.2	< 5,0 ou > 7,5	5,0 – 5,5 ou 7,0 – 7,5	5,5 – 7,0	
Soil smell [3]	C.6	Bad smell	No smell	Earthy smell	
Soil color [4]	C.7	Others	Light brown or dark red	Black or dark brown	
TOTAL	-	**20 – 32 points**	**33 – 59 points**	**60 – 80 points**	

[1] To decide how many points your soil should get for the parameter "vegetation", you must take into account the answers you gave to both questions B.3 and B.4. If in B.3 you answered "0 – 25 %", then your soil only gets 2 points in this parameter. If in B.3 you selected "25 – 50%" and, in B.4, you chose "No", your soil obtains 5 points. If in B.3 you replied "25 – 50 %", but

in B.4 you selected "yes", your soil earns 8 points. Your soil also get the maximum score in this parameter if in B.3 you chose either the option "50 – 75 %" or "75 – 100 %".

[2] The pH of the water used to perform this test will interfere with the measurement of the soil pH. In order to accurately access soil pH, this test needed to be performed with deionized water, which is used in labs. Hence, the measurements of water pH will be use by our team of scientists to validate your obtained results for soil pH.

[3] A bad smell suggests that the soil is polluted, while an earthy smell indicates the presence of microbial activity.

[4] There are many factors that influence soil color, including the organic matter quantity. Generally, a darker soil contains more organic matter and therefore it is more fertile.

What is the ecological quality of the soil you analyzed?

◯ Bad ◯ Reasonable ◯ Good

Part E | Sharing the results

Thank you for implementing our activity. We hope you liked it! Please don't forget to share your results with us. The data you collected is very important as it can help us to understand how different human activities affect the ecological quality of soils across broad geographic ranges. With your help, we will be a step closer to better protect this valuable resource!

Share your results with us here:
https://forms.gle/bxM4KfQjMx1oRCYp9

Thank you for taking part!

CREDITS

Numbered figures

Figure 1 – Google Maps – Map data 2019.

Figure 2 – Adult individual: photograph by Rob Hille, made available under the license CC BY-SA 3.0 at https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Earthworm_02.jpg

Figure 2 – Immature individual: photograph by Rob Hille, made available under the license CC BY-SA 3.0 at https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lumbricus_terrestris_R.H_(2).JPG

Figure 3: illustration prepared by Sofia Oliveira with resources made available under the license CC0 at https://openclipart.org/

Figure 4: photograph by Sofia Oliveira.

Unnumbered figures

Cover, Garden: picture cut out from the original photograph by Brandondowhaniuk, made available under the license CC0 at https://pixabay.com/en/grass-flora-nature-leaf-growth-3151382/

Cover, Hand with soil: picture cut out from the original photograph by Jing, made available under the license CC0 at https://pixabay.com/en/soil-hand-farm-garden-fertilizer-766281/

Page 8, Garbage: photograph by Bo Eide, made available under the license CC0 at http://ow.ly/LifG50jbEuc

Page 8, Algal bloom: photograph by Neil Williamson, made available under the license CC BY-SA 2.0 at http://ow.ly/cBuf50jbDky

Page 8, Industrial chimneys: photograph by Ralf Steinberger, made available under the license CC BY 2.0 at https://www.flickr.com/photos/ralf-steinberger/36270185604/

Page 8, Storage tanks: photograph by Gregor, made available under the license CC0 at https://pixabay.com/en/factory-storage-tank-chemistry-644982/

Page 8, Foam: photograph by dangerismycat, made available under the license CC BY-NC-ND 2.0 at http://ow.ly/O9GG50jbHK8

Page 8, Sewage pipe: photograph by Jodie C., made available under the license CC BY-ND 2.0 at https://www.flickr.com/photos/jodcol/9693686708/

Page 8, Wastewater treatment plant: picture cut out from the original photograph by Seviwiki, made available under the license CC BY-SA 3.0 at https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Edarranilla.jpg

VI. ASSESSING SOIL QUALITY IN PORTUGAL THROUGH CITIZEN SCIENCE TO SUPPORT NATURA 2000: LEARNING OUTCOMES AND PRELIMINARY DATA ACCURACY

Sofia S. Oliveira[1,2,*], Darmit Kumar[2], Duarte Martins[2], Joana Pereira[3], Paulo Santos[1,2] and Ruth Pereira[2,4]

1 – CIIMAR—Interdisciplinary Centre of Marine and Environmental Research, 4450-208 Matosinhos, Portugal

2 – Department of Biology, Faculty of Sciences, University of Porto, 4169-007 Porto, Portugal

3 – CESAM—Centre for Environmental and Marine Studies, Department of Biology, University of Aveiro, 3810-193 Aveiro, Portugal

4 – GreenUPorto—Sustainable Agrifood Production Research Centre, 4485-646 Vairão, Portugal

VI-1. Abstract

Natura 2000 is the main strategy of the European Union to address the alarming rates of biodiversity loss. However, this network faces several challenges that keep it from achieving its full potential, including: ineffective stakeholder engagement, low public awareness, and limited monitoring efforts. Participatory approaches such as citizen science might be well positioned to address all the aforementioned shortcomings. Previous research suggests that soil quality might be compromised at some Natura 2000 sites; nevertheless, soil biodiversity is still ineffectively protected within the network. Thus, a soil-centred citizen science activity was adapted from the literature and paralleled with standard laboratory tests in order to assess whether this activity would constitute a suitable strategy to address some of the main challenges of Natura 2000. The activity was launched in 2019 as part of a nationwide citizen science project. During the pilot year, literacy outcomes and behavioural intention changes were assessed through the implementation of pre- and post-tests. In parallel, *Eisenia fetida* avoidance

assays were employed to test the accuracy of the soil quality data collected by citizens. Laboratorial pH measurements of soil samples were also carried out to validate the soil pH values obtained by the public. Overall, 290 citizens were involved in the analysis of 61 soil samples. The results showed that Natura 2000 awareness increased for the 87% of the participants. Many volunteers also self-claimed to intend to engage in environmental-friendly behaviours more often in the future. While soil pH measurements revealed to be accurate under certain circumstances, the overall soil quality score derived from the citizen science protocol was not validated by the avoidance assays. Nonetheless, this result should be interpreted carefully given the constraints associated with the chosen umbrella endpoint (namely, earthworm avoidance). Although the validation of data collected by citizen scientists needs to be further investigated, our study supports the value of citizen science activities within Natura 2000 towards benefiting its conservation mission.

Keywords: protected areas, biodiversity conservation, science communication, environmental education

VI-2. Introduction

The active involvement of the general public in scientific research, also known as citizen science, has become increasingly popular in the last decade. In fact, the number of scientific publications in this field has grown by 78% between 2006 and 2017 (Bautista-Puig et al., 2019). This approach has some advantages over traditional research, such as the ability to collect high-quality data covering large geographical ranges and/or during long periods of time in a cost-effective manner (Gardiner et al., 2012; McKinley et al., 2017). Besides, citizen science can also facilitate public engagement with science and promote scientific literacy (McKinley et al., 2017; Phillips et al., 2019). Hence, citizen science shows great potential to aid biodiversity conservation initiatives with monitoring requirements and stakeholder involvement. This could be of special importance for Natura 2000 – a coordinated network of protected areas based on the European Union –, which is currently facing challenges in these regards (ECA, 2017; EEA, 2020). This network aims to safeguard biodiversity long-term by restoring and/or maintaining the favourable conservation status of protected species and habitats, while promoting stakeholder engagement and socio-economic activities compatible with its conservation goals (Sundseth, 2015). However, most Europeans never heard about this network (EC, 2019; Oliveira et al., 2020) and stakeholder engagement was deemed rather ineffective

in most protected areas visited by the European Court of Auditors (2017). Besides, Member States are generally underperforming in terms of the monitoring demands, which undermines the efforts to assess the overall efficacy of Natura 2000 concerning biodiversity conservation (ECA, 2017; EEA, 2020). Other challenges are also identified (e.g., delay in the deployment of management actions) (ECA, 2017), but the abovementioned ones can be more straightforwardly addressed through citizen science.

Agricultural practices are the most frequently reported threat to species and habitats protected under the Birds and Habitats Directives (EEA, 2020), which are the legal frameworks that support Natura 2000 (Sundseth, 2015). Specifically, the use of fertilizers and plant protection products – which can lead to soil pollution (Orgiazzi et al., 2016) – were deemed a significant threat to many taxa, in particular amphibians, insects, birds, small mammals, and bats (EEA, 2020). Other threats identified by the management bodies of these protected areas include intensive grazing, mining, and off-road motorized driving (ECA, 2017), all of which negatively affect soil structure and function (Orgiazzi et al., 2016). Despite the clues suggesting that soil quality might be compromised at some sites, Natura 2000 has so far resulted in an inefficient protection of soil biodiversity (Ciobanu et al., 2019; EEA, 2020). This is worrisome as soil is a non-renewable resource that provides valuable ecosystem services, including the provisioning of food and habitat for thousands of species. Plus, it is widely acknowledged that soils are becoming increasingly degraded worldwide mostly due to human activities, which makes their preservation even more urgent (Orgiazzi et al., 2016). Thus, soil monitoring efforts seem to be in order within Natura 2000. As a participatory research approach, citizen science is well-positioned to achieve this goal, while raising awareness about the network itself. In fact, some citizen science programs focused on soil monitoring were already developed (Bone et al., 2012; Head et al., 2015; Jiao et al., 2015; Filippelli et al., 2018; Kovács et al., 2019; Duddigan et al., 2020; Head et al., 2020), however only their scientific potential is commonly reported. Besides, although citizen science projects focused on soil monitoring already test the accuracy of the data collected by citizens, these projects are usually focused on a single variable or on only one soil dimension (e.g., soil nutrients) (e.g., Iannone et al., 2012; Kovács et al., 2019; Head et al., 2020). In fact, as to our best knowledge, there is no scientific literature providing evidence of the combined accuracy of relevant, diverse soil parameters as a surrogate for the overall soil quality.

Given this state-of-the-art, the present work intended to assess whether a soil-centred citizen science activity can provide valuable monitoring data in a cost-effective way, while

raising public awareness and disseminate knowledge about Natura 2000 and its biodiversity. For this purpose, several specific goals were defined: (1) testing the accuracy of the monitoring data collected by citizens, (2) determining if the citizen science protocol was difficult to follow for untrained people, (3) calculating the costs of soil monitoring using the citizen science protocol versus following standard protocols, and (4) evaluating changes in the literacy and the future intentions of participants to engage in ecological behaviours.

VI-3. Material and Methods

For the purpose of this work, a citizen science activity focusing on soil quality was developed based on previous literature, including pre-existent citizen science protocols (Friedman et al., 2001; USDA et al., 2001; Bone et al., 2012, 2014; Head et al., 2015; Pelosi & Römbke, 2016). The developed activity was aimed at middle school students as well as at the general public living in Portugal. Each participant or group of participants was asked to perform simple tasks to evaluate several chemical, physical, and biological soil parameters (e.g., measuring soil pH using universal pH test stripes and bottled/tap water; Table VI.1).

Table VI.1 – Physical, chemical, and biological parameters that citizen scientists are supposed to assess when applying the citizen science protocol. All these parameters, except for the calcium carbonates content, are used to calculate the score that reflects the overall soil quality of the analysed sample. Table adapted from Oliveira et al. (2021).

Parameters	**Methodology**
Compaction	Pushing the topsoil with the tip of a pencil and classifying the soil penetration as either easy, difficult, or very difficult.
Vegetation	Visually estimating the vegetation cover within a square measuring 20 x 20 cm (quadrant method).
Root size	Visually estimating the diameter of the roots (of living plants) found in a 20 x 20 x 10 cm pit (L x W x D).
Quantity of earthworms	Manual collection of the earthworms found in a 20 x 20 x 10 cm pit (L x W x D) plus the ones emerging during the five minutes following the application of a mustard solution (repellent agent).
Water infiltration capacity	Timing how long it takes for 750 mL of mustard solution to run off a 20 x 20 x 10 cm pit (L x W x D).
Quantity of waste residues	Manual collection of waste items found in a 20 x 20 x 10 cm pit (L x W x D).

Water retention capacity	Squeezing a handful of soil and classify it as either dry, wet, or soaked.
Soil pH	Preparing a soil suspension with bottled or tap water and measuring its pH with a universal pH stripe.
Soil smell	Categorizing the soil smell as either bad, earthy/sweet, or absent.
Soil color	Comparing the topsoil color to a chart with 12 colors.
Calcium carbonates content	Adding a couple drops of vinegar to a coin-sized soil sample (foaming indicates the presence of calcium carbonates).

Afterwards, by summing the points attributed to each assessed parameter, citizen scientists were able to calculate the overall soil quality and classify it as either bad, reasonable, or good. The specifics of this activity are described in further detail by Oliveira et al. (2021). A handbook was prepared specifically for this activity, which included a Natura 2000 presentation, an introduction to the importance of soil, the purpose of this citizen science activity, and the developed protocol. In 2019, this handbook was distributed online through a website exclusively dedicated to citizen science activities related with Natura 2000 (website [PT] available at https://naturamaispt.wixsite.com/natura-mais). Besides, e-mails were sent to all public-school clusters in the country encompassing middle schools, inviting the teachers to take part in this national citizen science endeavour. The authors also held some presential sessions in a few localities to present this activity and to guide the participants throughout its implementation. In the presential sessions, Natura 2000 and national threatened species were always addressed.

Evaluation of the data accuracy

In order to evaluate the accuracy of the citizen-driven soil pH and overall soil quality (final score), three university students pursuing biology-related areas were trained regarding the citizen science protocol implementation. Then, these students were asked to implement the protocol at 13 different sites and to register their respective results (Figure VI.1). From each site, a sample was collected for posterior laboratorial analysis.

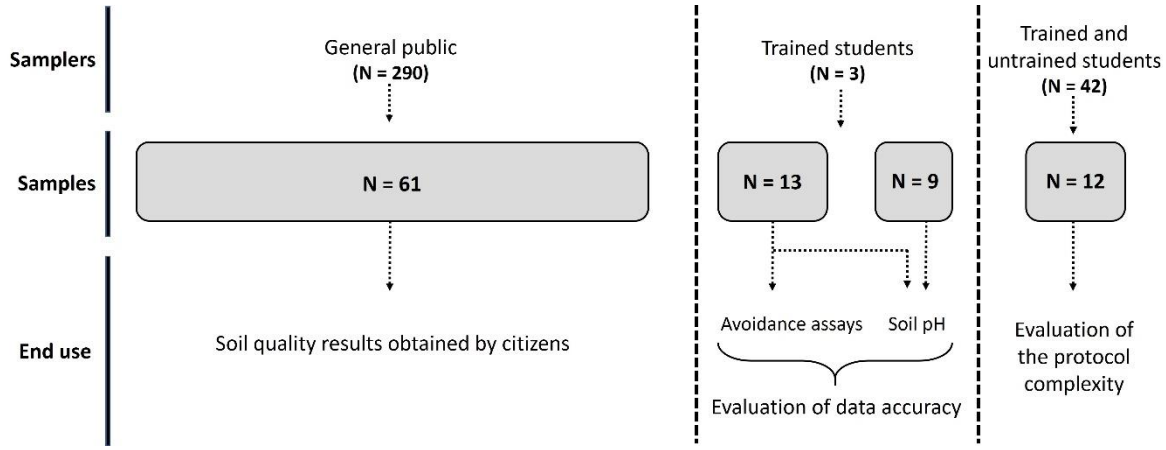


Figure VI.1 – Experimental design of the research conducted in the present work.

Measuring the soil pH

In total, 22 samples were used for this analysis, including the aforementioned thirteen ones (Figure VI.1). From each fresh soil sample (not dried, not sieved), a small quantity was removed to fill the bottom of six plastic cups (depth: 1 cm). Then, the cups were filled with water till the suspension reached a height of 5 cm. For this purpose, waters with different pH's were used as it was expected that the water pH will influence the soil pH measurements (bottled water 1: pH 4.8; tap water: pH 7.2; bottled water 2: pH 9.4). It is worth noticing that two universal pH stripe brands were used to measure each sample (Labbox^{TM} Universal Indicator Paper [pH 1 – 14] and VWR^{TM} PROLABO Paper dosatest [pH 0 – 14]). Each soil suspension was agitated for one minute, followed by the dip of a pH stripe for three seconds in the suspension. After two minutes, the colour developed on the stripe was verified and compared to the reference colour scheme provided by the manufacturer.

Then, the dried and sieved samples (mesh size: 2 mm) were used to measure the soil pH, in an aqueous soil suspension (prepared with distilled water), according to a standardized protocol (ISO 10390, 2005). The mean difference between the pH values obtained by the two distinct methodologies was calculated by applying the following equation: |pH stripe – pH ISO|. Plus, Wilcoxon signed rank tests were run using IBM SPSS Statistics (version 27) to assess if there were statistical differences between the measurements obtained through both methods. The pH values obtained with the standard protocol were rounded to units before being used as an input for the Wilcoxon signed rank tests. This methodological option was motived by conceptual reasons: as the sensibility of pH stripes only allows to obtain pH values rounded to the units, the

validation method should use this same scale, otherwise the results would lead to a biased validation due to the differential estimation of the error.

Earthworm avoidance tests

Eisenia fetida avoidance assays are a useful tool for early screening potentially polluted soils (Natal-da-Luz et al., 2004; ISO 17512-1, 2008), plus previous research has been showing that soil properties influence the avoidance response of these organisms (Natal-da-Luz et al., 2008). As such, these avoidance assays are helpful in determining soil quality (ISO 17512-1, 2008), which triggered their selection as the validation method for the soil quality score obtained by citizens within the scope of the present study. Thus, avoidance tests with *Eisenia fetida* were performed according to a standardized protocol (ISO 17512-1, 2008). These tests included five replicates for each one of the 13 soil samples (Figure VI.1). Each replicate consisted of a plastic container with 200 g (dry weight) of a test soil on one side and 200 g (dry weight) of the artificial soil formulated by the Organization for Economic Co-operation and Development (1984) on the opposite side. Whenever, these soils were found to have very distinct densities, a volume correction was made to have the same depth of soil in test containers. Five replicates of dual-control treatments were additionally set, where the containers were filled with 400 g (dry weight) of the abovementioned artificial soil. Previously, the water holding capacity of all soils was adjusted to 50% by adding distilled water. After being rinsed and gently dried in a filter paper, 10 earthworms were placed in the midsection of each container. All replicates were kept at 20 ± 2 °C, with photoperiodic lighting (16 hours of light, 8 hours of dark), for 48 hours. Afterwards, a divider was inserted in the midsection of each container and the number of earthworms in each side was counted. For the data analysis, the avoidance/preference percentage was calculated, according to the following formula:

$$\%\ \boldsymbol{avoidance} = \frac{(\boldsymbol{nr.of\ earthworms\ in\ the\ artificial\ soil - nr.of\ earthworms\ in\ the\ test\ soil})}{\mathbf{50}}\ \boldsymbol{x}\ \mathbf{100}\ .$$

Then, these percentages along with the citizen science score of each sample were used as input to run a Spearman's correlation on IBM SPSS Statistics (version 27).

Citizen science protocol difficulty: trained *vs* untrained participants

During the first year running, no specific training was provided to participants that submitted results to this citizen science project due to the low difficulty of the tasks to accomplish. Nonetheless, it was considered pertinent to assess whether some training would be beneficial. For that purpose, a group of 42 university students pursuing biology-

related areas was selected (Figure VI.1). Then, 39 students were assigned into six groups (with four to nine participants), who were later requested to implement the protocol at different sites; these students did not receive any specific training regarding the protocol. Those sites were resampled by one of three other students, who received dedicated training regarding the protocol implementation, in a comparable timeframe (around five days difference). The scores attributed to each parameter by students with training (group 1) and without training (group 2) were compared by calculating the percentage agreement among these two groups for each sampled site.

Determination of the monetary value of the volunteering work

Each participant or group of participants was asked to register the time at which they started and finished the citizen science activity as well as the number of people actively engaged in the implementation of the protocol. Pearson's and Spearman's correlations were computed, using IBM SPSS Statistics (version 26), to assess if there was a significant correlation between the time necessary to carry out the protocol and the number of people involved in its application. Then, the cost replacement method was applied as described by Levrel et al. (2010) to calculate the monetary value of the total volunteering work carried out by the citizen scientists. For this purpose, three tiers were defined: (T1) open a minimum-wage position for a non-scientist to execute the citizen science protocol; (T2) the expenses resulting from hiring a researcher to perform preliminary risk assessments using standardized protocols (specifically, earthworm avoidance tests); and (T3) the costs associated with assigning the testing of the samples to research centres, who would be responsible for carrying out the earthworm avoidance tests. The costs associated with the scenario T1 were estimated by calculating the average time necessary to complete the protocol (based on the start and end times declared by volunteers) and then multiplying it by the hourly cost of hiring a worker at minimum-wage in Portugal. In the context of the current work, hourly salaries were determined based on two assumptions: (i) 35 hours of work per week and (ii) four working weeks per month. The T2 valuation was calculated based on semi-structured interviews of four scientists, who were associated with an ecotoxicology research group, to assess how long they usually took to perform earthworm avoidance tests. These interviews focused on four questions: (Q1) How many samples do you usually test at once when carrying out this assay?; (Q2) How long does it take for you to perform the first step – acclimate the earthworms to the control soil?; (Q3) How long does it take for you to start the assay?; and (Q4) How long does it take for you to end the assay?. Afterwards, the time necessary for each researcher to test one sample was estimated using the following

equation: $\boldsymbol{t} = \frac{(\boldsymbol{Q2}+\boldsymbol{Q3}+\boldsymbol{Q4})}{\boldsymbol{Q1}}$. Then, these durations were multiplied by the hourly costs associated with hiring each interviewed researcher and the arithmetical average cost was calculated. It is important to highlight that in both evaluations T1 and T2 all expenses that employers must commonly cover were considered (namely, salary, social taxes, accident insurance, food subsidy, plus Christmas and holidays bonus). The value of T3 was determined based on the price list made available by one Research Centre located in Portugal that was found to provide this service to the community.

Assessment of the learning outcomes and future behaviour intentions

Learning outcomes were exclusively assessed during presential sessions, carried out during 2019, by implementing a questionnaire before (pre-test) and after the activity (post-test). This questionnaire was structured into five sections: (A) demographic data, (B) ecological behaviours (5-point Likert scale: 1 - never; 2 - rarely; 3 - sometimes; 4 - often; 5 - regularly), (C) knowledge about nationally threatened species, (D) awareness about Natura 2000, and (E) knowledge about Natura 2000. Only respondents that were aware of what Natura 2000 is were requested to fulfil section E, which included questions on five particular topics: Natura 2000 sites in Portugal, favourite Natura 2000 site, species inhabiting Natura 2000 sites, and visits to Natura 2000. All answers were codified (when needed), then percentages and descriptive statistics were calculated on Microsoft Office Excel (2016 version). Plus, Wilcoxon signed rank test was computed using IBM SPSS Statistics (version 26) to detect statically significant differences between pre- and post-tests. For each respondent, it was also noted whether their answer to each post-test question reflected an improvement or a worsening of literacy and future behaviour intentions of engaging in ecological behaviours.

VI-4. Results and Discussion

Soil quality results obtained by citizen scientists

During its first year running, 290 people participated in this citizen science project. Most participants were attending middle school (5th – 9th grade), but university students also took part. Overall, volunteers assessed the soil quality of 61 samples, with each one being analysed, on average, by a group of 4.8 ± 3.7 citizen scientists. The sample sites were widespread across seven districts on mainland Portugal and on Archipelago of Madeira, but most of them were located either in Porto (n = 29; 48%) or in Guarda (n = 18; 30%) districts. It is also relevant to highlight that two sampling sites were located within Ria de Aveiro (PTZPE0004), which is a protected area integrated in Natura 2000

network. Regarding the typology of the studied sites, the majority was classified by participants as gardens (n = 28; 46%) or uncultivated fields/pasture (n = 24; 39%). Forests, vegetable gardens, and agricultural fields were analysed too. Table VI.2 presents the results obtained by participants for some of the parameters assessed in the scope of this citizen science activity. Overall, nine samples (15%) were deemed to have a good soil quality, while 52 (85%) had a reasonable quality. None of the soils sampled by volunteers was scored as having poor quality.

Table VI.2 – Some of the physical, chemical, and biological parameters assessed by citizen scientists and their respective results. The number and percentage of samples that displayed each result is given within brackets.

Nr. of earthworms	Soil smell	Contamination	Infiltration capacity	Vinegar test
0 (n = 46; 75%)	Earthy smell, sweat and fresh (n = 51; 84%)	Plastics (n = 26; 43%)	< 3 minutes (n = 5; 8%)	Foaming (n = 4; 7%)
1 (n = 6; 10%)	No smell (n = 8; 13%)	Construction materials (n = 10; 16%)	3 – 5 minutes (n = 5; 8%)	No reaction (n = 57; 93%)
2 (n = 5; 8%)	Bad smell (n = 2; 3%)	Glass (n = 6; 10%)	> 5 minutes (n = 51; 84%)	-
3 (n = 3; 5%)	-	Paper / Cardboard (n = 3; 5%)	-	-
4 (n = 0; 0%)	-	Processed wood pieces (n = 1; 2%)	-	-
5 (n = 1; 2%)	-	No contamination signs (n = 26; 43%)	-	-

(1) Number of earthworms manually found in a 20 x 20 x 10 cm pit (L x W x D) plus the ones emerging during the five minutes following the application of a mustard solution (repellent agent). (2) Type of waste items found in a 20 x 20 x 10 cm pit (L x W x D). (3) Time necessary for 750 mL of mustard solution to run off a 20 x 20 x 10 cm pit (L x W x D). (4) A few drops of vinegar were added to a coin-sized soil sample to test for the presence of calcium carbonates; foaming indicates their presence.

The soil monitoring protocol used in this study was adapted from pre-existent citizen science protocols, including the one developed by Head et al. (2015), who applied it as a citizen science activity in the United Kingdom (UK). The corresponding monitoring efforts of the UK citizen scientists were published by Bone et al. (2012). In both the current research and in that by Bone et al. (2012), gardens were the most common

sampling sites, according to volunteer participants. Nonetheless, some interesting differences were noticed regarding earthworm abundance and site contamination. In the UK initiative, the median abundance of earthworms was superior to the one found for the current study (UK study: 3 to 4, Bone et al., 2012; current study: 0). Plus, the maximum number of earthworms found in a single pit was also much higher in the UK project (UK study: 88, Bone et al., 2012; current study: 5). Hand-sorting and the application of a mustard solution were the methodologies employed in both studies (Head et al., 2015), which are considered adequate and accurate methods for estimating earthworm abundance (Iannone et al., 2012; Phillips et al., 2019). In fact, these results are in accordance with a global study that predicted that UK soils generally bear higher abundance of earthworms than Portuguese soils (Phillips et al., 2019). When it comes to the percentage of sites with anthropogenic materials, the one found in the present study was superior (UK study: 36.5%, Bone et al., 2012; current study: 57%). The most frequent waste found in soil pits was also different: while plastic was present in 43% of pits surveyed in the scope of the present study, these were not listed in the top 3 most frequent waste found in the UK sampling pits (frequency < 9.5%, Bone et al., 2012). Nonetheless, there were also similarities between both studies. For instance, according to citizen reports, most sampled sites in both studies had an earthy smell, a slow infiltration rate, a low concentration of calcium carbonates (as undetected by vinegar tests), and a brownish topsoil color (Bone et al., 2012). It is of utmost importance to highlight that all aforementioned parameters were assessed according to the same methodology in both studies. The accuracy of all these methods (except for the earthworm collection) is unknown since they were not individually validated so far.

Evaluation of the data accuracy

Given the aim of this study, it was decided to focus the validation efforts regarding the citizen science protocol on an umbrella endpoint that could represent a surrogate for soil quality: avoidance assays with *Eisenia fetida* (ISO 17512-1, 2008). There was no consistent agreement between the results of the ecological soil quality obtained with the two distinct methods (Figure VI.2). In fact, some samples received a low total score, while earthworms exhibited a preference for the test soil (e.g., sample nr. 1); in several cases, avoidance or preference are inconclusive (between -20% and 20%); there are also some cases where there is an agreement between total score and earthworm avoidance (e.g., sample nr. 4 and nr. 13). The agreement inconsistency reflects in the absence of a significant correlation between the score derived from the citizen science protocol and the percentage of avoidance/preference exhibited by the earthworms (r_s =

- 0.194; p = 0.526), which may primarily suggest that the developed protocol is not an adequate proxy for soil quality. However, these preliminary results should be interpreted with caution given that, during avoidance essays, the test organisms may also respond to soil properties that do not necessarily reflect soil quality, such as soil texture (Natal-da-Luz et al., 2008). In addition, the number of samples was limited when compared to other studies and this can also constrain correlation approaches. It is also worth mentioning that protocols that are too complex are often considered less accurate (Kallimanis et al., 2017; Katrak-Adefowora et al., 2020). However, the average percentage agreement between students with and without dedicated training was 80 ± 15.5% (raw data is available in Supplementary Material nr. VI.2). This fairly high percentage agreement suggests the protocol is easy to follow even for beginners. Nonetheless, we recognize that our untrained volunteers, given their biology-background, might be more apt to execute this protocol than the average person.

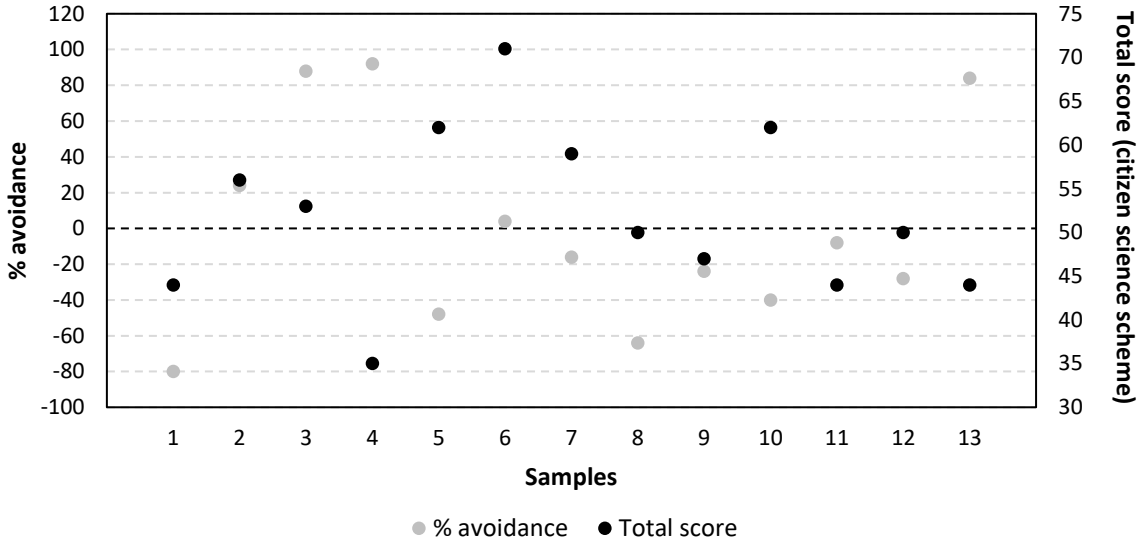


Figure VI.2 – Ecological soil quality results obtained by applying both the citizen science protocol and the standardized earthworm avoidance tests to the same soil samples. Negative avoidance percentages should be interpreted as a preference.

The validation of the pH values obtained by citizens was very straightforward as there is a corresponding standardized protocol for pH assessment (ISO 10390, 2005). The most accurate pH measurements with the citizen science protocol were obtained by using an acidic bottled water and VWR™ pH stripes (Table VI.3). These pH values did not statistically differ from the ones obtained with the standard protocol followed in a laboratory setting (W_{21} = 70.000; p = 0.052). This means there were no significant differences between the data collected through the citizen science protocol and the ISO protocol followed in a laboratory setting. However, this only happens when using VWR™

stripes and acidic bottled water; for all the other combinations, the differences were significant (Table S1, Supplementary Material nr. VI.1). This result was expected since the accuracy of pH measurements varies across different brands of pH stripes (Faber et al., 2007). Plus, Bone et al. (2012) showed discrepancies between the soil pH measurements performed by citizens and the pH data retrieved from the land information system managed by the National Soil Resources Institute. These results emphasize the need to standardize citizen science protocols whenever possible. In the specific case of pH measurements validation, two solutions could be implemented to mitigate this source of error: (1) providing participating citizens with a pre-assembled kit (including distilled water and pH stripes) that they should use to implement the protocol; or (2) ask participants to measure the pH of the water used to prepare the soil suspension as well as to indicate the brand of their pH stripes.

Table VI.3 – Mean difference between the soil pH measurements obtained with an electrode, in a distilled water suspension, and with universal pH stripes. This table displays the mean values and their respective standard deviations for each pH stripe/water combination.

	Bottled Water 1 (acidic)	Tap Water (neutral)	Bottled Water 2 (basic)
VWR™ stripes	0.66 ± 0.42	0.86 ± 0.59	1.36 ± 0.77
Labbox™ stripes	1.07 ± 0.74	1.48 ± 0.86	1.76 ± 0.91

It is also worth noticing that, when using an approach for validation that compares counterpart single parameters rather than a multi-metric protocol with a single parameter, the data collected by volunteers were validated. This strengthens the hypothesis that the failure to validate the soil quality score does not necessarily mean that it does not portrait an accurate picture of soil quality and that instead it might be a result of the constraints associated with the chosen umbrella endpoint. In the future, more validation efforts are needed to extensively assess the accuracy of this citizen science protocol. This validation must take into account the accuracy of each individual parameter in addition to the use of an umbrella proxy to validate the overall soil quality score. Besides, other umbrella proxies should also be tested, such as reproduction assays with *Eisenia fetida*, which are based on longer-exposure periods and allow for the analysis of several sub-lethal end points (OECD, 2016). As demonstrated, regardless of the validation outcome, this study allowed to learn valuable lessons for future validation efforts based on umbrella endpoints.

To capitalize on the value of this citizen science activity, a modelling approach, based on an extensive dataset, should also be considered with the aim of predicting the real values of some of the most relevant parameters (e.g., pH and organic matter content). This would allow to produce large-scale spatial information, which could be useful for having a global picture of soils in wide geographical areas and/or guiding management practices (e.g., Fierer & Jackson, 2006; Merante et al., 2017).

Monetary value of the volunteering work

Overall, volunteers spent more than 13 hours participating in this citizen science activity. On average, participants took 65 minutes to execute the protocol. Although the number of persons engaged in the sampling of each site varied (min.: 1; max.: 28), there was no significant correlation between the time spent and the number of participants ($r = -0.009$, $p = 0.947$; $r_s = 0.29$, $p = 0.830$). Hence, for the calculations regarding the value of the volunteering work according to the scenarios T1 (minimum wage), it was assumed that only one person was necessary to implement the protocol at each site. As expected, the costs associated with each tier were distinct, with T1 being the least expensive scenario (Table VI.4). Hence, if this protocol is validated in the future, it will represent a more economic option to the traditional methodologies. This finding is not surprising as previous studies showed that volunteer-based work can be economically advantageous (Levrel et al., 2010; Gardiner et al., 2012; McKinley et al., 2017).

Table VI.4 – Monetary value of the work carried out by citizen scientists according to three different scenarios: T1 – open a minimum-wage position for a non-scientist to execute the citizen science protocol; T2 – hiring a researcher to carry out earthworm avoidance tests; and T3 – outsourcing the earthworm avoidance tests to research centres. For each scenario, it is displayed the cost per sample as well as the total cost of analysing 61 samples (the total number of samples analysed by participants during the first year that this citizen science activity was running). It is important to highlight that T3 total cost did not take into account any discounts that may be offered due to the large number of samples.

	T1 – Minimum wage	**T2 – Hiring a researcher**	**T3 – Outsourcing to a research centre**
Cost per sample	7.82 € *	28.13 € *	307.5 €
Total cost	477.02 € *	1 716.11 € *	18 757.5 €

* In these tiers, costs regarding materials and/or equipment were not considered.

Assessment of the learning outcomes and future behaviour intentions

Overall, 137 participants were asked to fulfil pre- and post-tests, with the response rate being 100% (n = 137) and 88% (n = 121), respectively. Residents from all over the country participated in this component of the study, but most of them lived in Porto (n =

64, 47%), Aveiro (n = 26, 19%), or Bragança (n = 18, 13%). Around 72% of the surveyed citizen scientists were females (n = 99). Regarding their school level, most of the respondents were still attending middle school (n = 109, 80%), but some held already a high school diploma (n = 25, 18%) or even a bachelor's degree (n = 3, 2%). Only two inquired persons stated their studies or jobs were related to biology and/or nature conservation. Henceforth, only individuals that completed both pre- and post-tests were considered for all the analysis. Before taking part in the activity, 68% (n = 82) of the participants said they never heard of the term "Natura 2000" before, while 22% (n = 27) had allegedly heard of it but did not know what it is. Only 2% (n = 2) claimed to know what Natura 2000 is. Yet, when questioned about which Portuguese protected areas integrated this network, these two respondents could not correctly name any. Concerning the threatened wild species inhabiting the country, respondents also performed poorly: most were only able to correctly name one (n = 61, 50%) or two (n = 39, 32%) species (out of 10). Reusing shopping bags ($\bar{x}$ = 4.5 ± 0.9) and having a shower instead of a bath ($\bar{x}$ = 4.5 ± 0.9) were the ecological behaviours the sampled population claimed to display more often. These were followed by depositing garbage in the appropriate recycling bin ($\bar{x}$ = 4.4 ± 0.9), avoiding buying single use plastics ($\bar{x}$ = 3.3 ± 1.3), talking to others about environmental issues and Nature in general ($\bar{x}$ = 3.1 ± 1.1), being involved in environmental restoration actions ($\bar{x}$ = 2.6 ± 1.1), and participating in citizen science initiatives targeting Nature and/or the environment ($\bar{x}$ = 2.0 ± 1.0). After taking part in the citizen science activity, the literacy of participants regarding Natura 2000 (self-reported) and Portuguese threatened species significantly increased (Table VI.5). In fact, 84% of the volunteers (n = 102) stated in post-tests that they knew what Natura 2000 is and none said they had never heard about it. Plus, the average number of correctly named threatened species raised from 1.5 ± 0.8 (pre-tests) to 4.6 ± 2.7 taxa (post-tests). Differences were also noted for the frequency with which they intended to engage in each ecological behaviour in the future when compared to the one they claimed to currently practice (Table VI.5). In post-tests, reusing shopping bags ($\bar{x}$ = 4.6 ± 0.7) and depositing garbage in the appropriate recycling bin ($\bar{x}$ = 4.6 ± 0.7) were the pro-environmental behaviours that the sampled population intended to engage in more often in the future. These were followed by having a shower instead of a bath ($\bar{x}$ = 4.3 ± 1.2), avoiding buying single use plastics ($\bar{x}$ = 3.8 ± 1.2), talking to others about environmental issues and Nature in general ($\bar{x}$ = 3.4 ± 1.1), being involved in environmental restoration actions ($\bar{x}$ = 3.0 ± 1.2), and participating in citizen science initiatives targeting Nature and/or the environment ($\bar{x}$ = 2.8 ± 1.1).

Table VI.5 – Learning outcomes and changes in the future ecological behaviour intentions between pre- and post-tests (N = 121). The statistically significant differences were assessed by computing the Wilcoxon signed rank test. More details on the statistical data are available in Table S2 (Supplementary Material nr. VI.1).

	Inferior	Equal	Superior	Invalid responses	Statistical differences
Literacy	-	-	-	-	-
Awareness about Natura 2000	0	16	105	0	Yes ($p < 0.001$)
Knowledge about threatened wild species of Portugal	2	16	97	6	Yes ($p < 0.001$)
Ecological behaviours	-	-	-	-	-
Depositing garbage in the appropriate recycling bin	3	90	26	2	Yes ($p < 0.001$)
Reusing shopping bags	7	93	15	6	No ($p = 0.222$)
Avoiding buying single use plastics	13	62	42	4	Yes ($p < 0.001$)
Talking to others about environmental issues and Nature in general	16	58	42	5	Yes ($p = 0.002$)
Being involved in environmental restoration actions (e.g., tree plantations)	17	56	40	8	Yes ($p < 0.001$)
Participating in citizen science initiatives targeting Nature and/or the environment	10	29	71	11	Yes ($p < 0.001$)
Having a shower instead of a bath	17	89	11	4	No ($p = 0.107$)

Citizen science has been documented to increase volunteer's literacy as well as to influence their attitudes and behaviors (Bonney et al., 2009; Toomey & Domroese, 2013; Wyles et al., 2016; McKinley et al., 2017; Phillips et al., 2019). The present study is another strong evidence of such. The literacy of the participants about Natura 2000 and nationally threatened species significantly increased after taking part of this citizen science activity, even though these were not the main focal points of the activity. Besides, their future intentions to adopt environmental-friendly behaviors also increased significantly in frequency for behaviors that were somewhat related to the activity. For instance, many volunteers came to found contamination signs in their soil pits, especially plastic waste (Table VI.2), which might explain why posttests found that participants self-claimed to be willing to deposit garbage in the appropriate recycling bins more often and

to reduce their consumption of single use plastics. Similarly, taking part in an environment-related citizen science project seemed to have positively impacted their future intentions of engaging in similar activities more frequently, including: (1) talking to others about environmental issues and Nature in general; (2) being involved in environmental restoration actions (e.g., tree plantations); and (3) participating in citizen science initiatives targeting Nature and/or the environment. In contrast, possibly because sustainable use of water was not addressed in any way during this activity, no significant differences were found regarding the frequency with which participants planned to shower instead of having a bath. These findings are of utmost importance and have great implications for Nature conservation. For instance, interested and informed citizens can act as advocates for biological conservation and even facilitate the implementation of local conservation efforts (Bonney et al., 2009; Beachy et al., 2011; CBD, 2014; APHA, 2015; McKinley et al., 2017). Moreover, it is known that the current drivers of biodiversity loss are intimately related to citizens' behaviours, so measures aiming at halting this concerning environmental issue need to promote behavioural changes of the society (CBD, 2014; UNEP, 2016).

Finally, it is worth mentioning that the participants who submitted their results online (N = 35) attributed this citizen science activity an average score of 4.5 ± 0.6 (out of a maximum of 5) regarding how much they enjoyed it. The fact that the participants really enjoyed the activity is particularly relevant given that many participants claimed to have never tried citizen science before. This demonstrates the potential of citizen science to engage stakeholders in conservation initiatives.

VI-5. Conclusion

Despite being the largest conservation initiative based in Europe, Natura 2000 has not reached its full potential yet. Ineffective stakeholder engagement, low public awareness, and limited monitoring efforts are some of the main challenges that this network of protected areas faces. Based on previous literature, a citizen science activity focused on soil monitoring appeared to be a good option to address these shortcomings of Natura 2000. In fact, the present study demonstrated that such an activity was able to increase the literacy about Natura 2000 and the threatened species it aims to protect. In addition, the majority of the involved citizen scientists claimed to intend to engage in environmental-friendly behaviours more often. This finding is of utmost relevance as addressing the current drivers of biodiversity loss requires a behavioural change by people. The volunteers that engaged in this activity mentioned that they greatly enjoyed

it, which indicates this could be an interesting way of increasing stakeholder engagement in Natura 2000 sites across Europe. The evaluation of the ability of the designed citizen science protocol to deliver relevant soil monitoring data produced mixed results. While soil pH measurements revealed to be accurate under certain conditions, the overall soil quality score derived from the protocol was not validated by the avoidance assays with *Eisenia fetida*. Since this result might be a consequence of the constraints of the chosem umbrella endpoint, more efforts are needed before deriving definite conclusions about its accuracy. Thus, although this citizen science approach constitutes a viable economic approach to soil monitoring, more studies are needed before extending its application to other Natura 2000 sites. Overall, we consider that a more widespread use of citizen science within Natura 2000 sites would greatly benefit its ultimate goal of protecting the most valuable and threatened species and habitats in the long-term.

VI-6. Acknowledgments

We are grateful to all the citizen scientists that fulfilled the questionnaire and/or contributed with soil data to the present work: this research could not have been conducted without you. A special thank you is due to all teachers that accepted the challenge of applying this activity in their classroom. So, we would like to acknowledge the teachers at the following schools for their invaluable contribution: Agrupamento de Escolas Dr. Ramiro Salgado; Escola Básica 1,2,3/PE do Porto da Cruz; Escola Básica e Secundária de Fontes Pereira de Melo; Escola EB 2,3 Dr. Guilherme Correia de Carvalho; Escola EB 2,3 Prof. Mendes Ferrão; and Escola EBI da Boa Água. We are grateful to Universidade Júnior, an initiative of the University of Porto, for including this citizen science activity in their summer program. A special mention is also due to Andrés Rodríguez-Seijo, Sirine Bouguerra, Verónica Nogueira, and Beatriz Fernandes for their contributions to this article. This work was funded by the Portuguese Foundation for Science and Technology (FCT) under the PhD grant SFRH/BD/129529/2017. Thanks are due for the financial support by FCT/MCTES to CESAM (UIDP/50017/2020+UIDB/50017/2020) and GreenUPorto (UIDB/05748/2020 and UIDP/05748/2020).

VI-7. References

APHA – Animal & Plant Health Agency (2015). UK Ruddy Duck Eradication Programme. Project Newsletter. Retrieved on September 14, 2020, from http://www.nonnativespecies.org/index.cfm?pageid=244

Bautista-Puig, N., De Filippo, D., Mauleón, E. & Sanz-Casado, E. (2019). Scientific landscape of citizen science publications: dynamics, content and presence in social media. Publications, 7(1), 12. doi:10.3390/publications7010012

Beachy, J.R., Neville, R. & Arnott, C. (2011). Successful control of an incipient invasive amphibian: Eleutherodactylus coqui on O'ahu, Hawai'I (pp. 140–147). In Veitch, C.R., Clout, M.N. & Towns, D.R. (Eds.), Island invasives: eradication and management (Proceedings of the International Conference on Island Invasives). International Union for Conservation of Nature (IUCN) and Centre for Biodiversity and Biosecurity (CBB): Gland, Switzerland and Auckland, New Zealand.

Bone, J., Archer, M., Barraclough, D., Eggleton, P., Flight, D., Head, M., Jones, D.T., Scheib, C. & Voulvoulis, N. (2012). Public participation in soil surveys: lessons from a pilot study in England. Environmental Science & Technology, 46, 3687–3696. doi:10.1021/es203880p

Bone, J., Barraclough, D., Eggleton, P., Head, M., Jones, D.T. & Voulvoulis, N. (2014). Prioritising soil quality assessment through the screening of sites: the use of publicly collected data. Land Degradation & Development, 25, 251–266. doi:10.1002/ldr.2138

Bonney, R., Ballard, H., Jordan, R., McCallie, E., Phillips, T., Shirk, J. & Wilderman, C.C. (2009). Public participation in scientific research: defining the field and assessing its potential for informal science education. A CAISE inquiry group report. Center for Advancement of Informal Science Education (CAISE): Washington, D.C., USA. Retrieved on December 3, 2019, from http://www.birds.cornell.edu/citscitoolkit/publications/

CBD – Convention on Biological Diversity (2014). Global biodiversity outlook 4. Secretariat of the Convention on Biological Diversity: Montréal, Canada. ISBN 92-9225-539-8

Ciobanu, M., Eisenhauer, N., Stoica, I-A. & Cesarz, S. (2019). Natura 2000 priority and non-priority habitats do not differ in soil nematode diversity. Applied Soil Ecology, 135, 166–173. doi:10.1016/j.apsoil.2018.12.009

Duddigan, S., Alexander, P.D., Shaw, L.J., Sandén, T. & Collins, C.D. (2020). The Tea Bag Index—UK: Using Citizen/Community Science to Investigate Organic Matter Decomposition Rates in Domestic Gardens. Sustainability, 12(17), 6895. doi:10.3390/su12176895

EC – European Commission (2019). Special Eurobarometer 481 – Attitudes of Europeans towards Biodiversity. Kantar Public Brussels: Brussels, Belgium. doi:10.2779/456395

ECA – European Court of Auditors (2017). More efforts needed to implement the Natura 2000 network to its full potential. Special Report. Publications Office of the European Union: Luxembourg. doi:10.2865/217308

EEA – European Environment Agency (2020). State of nature in the EU. Results from reporting under the nature directives 2013-2018. EEA Report No 10/2020. Publications Office of the European Union: Luxembourg. doi:10.2800/088178

Faber, B.A., Downer, A., Holstege, D. & Mochizuki, M.J. (2007). Accuracy Varies for Commercially Available Soil Test Kits Analyzing Nitrate–Nitrogen, Phosphorus, Potassium, and pH. HortTechnology, 17(3), 358–362. doi:10.21273/HORTTECH.17.3.358

Fierer, N. & Jackson, R.B. (2006). The diversity and biogeography of soil bacterial communities. Proceedings of the National Academy of Sciences, 103(3), 626–631. doi:10.1073/pnas.0507535103

Filippelli, G.M., Adamic, J., Nichols, D., Shukle, J. & Frix, E. (2018). Mapping the Urban Lead Exposome: A Detailed Analysis of Soil Metal Concentrations at the Household Scale Using Citizen Science. International Journal of Environmental Research and Public Health, 15(7), 1531. doi:10.3390/ijerph15071531

Friedman, D., Hubbs, M., Tugel, A., Seybold, C. & Sucik, M. (2001). Guidelines for soil quality assessment in conservation planning. United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service & Soil Quality Institute: USA.

Gardiner, M.M., Allee, L.L., Brown, P.M., Losey, J.E., Roy, H.E. & Smyth, R.R. (2012). Lessons from lady beetles: accuracy of monitoring data from US and UK citizen-science programs. Frontiers in Ecology and the Environment, 10(9), 471–476. doi:10.1890/110185

Head, J.S., Crockatt, M.E., Didarali, Z., Woodward, M.-J. & Emmett, B.A. (2020). The Role of Citizen Science in Meeting SDG Targets around Soil Health. Sustainability, 12, 10254. doi:10.3390/su122410254

Head, M., Voulvoulis, N., Bone, J., Jones, D.T., Lowe, C.N., Edwards, L., Stevens, E., Barraclough, D., Boucard, T., Flight, D., Taylor, H., Eggleton, P., Brooks, S., Sherlock,

E., Norman, S., Parker, L., Farley-Brown, R., Davies, L. & Bachariou, C. (2015). The OPAL soil and earthworm survey booklet. Retrieved October 15, 2018, from www.opalexplorenature.org

Iannone, B.V., Umek, L.G., Wise, D.H. & Heneghan, L. (2012). A Simple, Safe, and Effective Sampling Technique for Investigating Earthworm Communities in Woodland Soils: Implications for Citizen Science. Natural Areas Journal, 32(3), 283–292. doi:10.3375/043.032.0305

ISO – International Organization for Standardization (2005). ISO 10390:2005. Soil quality — Soil quality — Determination of pH. International Organization for Standardization: Geneva, Switzerland.

ISO – International Organization for Standardization (2008). ISO 17512-1:2008. Soil quality — Avoidance test for determining the quality of soils and effects of chemicals on behaviour — Part 1: Test with earthworms (Eisenia fetida and Eisenia andrei). International Organization for Standardization: Geneva, Switzerland.

Jiao, Y., Bower, J., Im, W., Basta, N., Obrycki, J., Al-Hamdan, M., Wilder, A., Bollinger, C.E., Zhang, T., Hatten, L.Sr., Hatten, J. & Hood, D. (2015). Application of Citizen Science Risk Communication Tools in a Vulnerable Urban Community. International Journal of Environmental Research and Public Health, 13(1), 11. doi:10.3390/ijerph13010011

Kallimanis, A.S., Panitsa, M. & Dimopoulos, P. (2017). Quality of non-expert citizen science data collected for habitat type conservation status assessment in Natura 2000 protected areas. Scientific Reports, 7, 8873. doi:10.1038/s41598-017-09316-9

Katrak-Adefowora, R., Blickley, J.L. & Zellmer, A.J. (2020). Just-in-Time Training Improves Accuracy of Citizen Scientist Wildlife Identifications from Camera Trap Photos. Citizen Science: Theory and Practice, 5(1), 8. doi:10.5334/cstp.219

Kovács, K.Z., Hemment, D., Woods, M., van der Velden, N.K., Xaver, A., Giesen, R.H., Burton, V. J., Garrett, N.L., Zappa, L., Long, D., Dobos, E. & Skalsky, R. (2019). Citizen observatory based soil moisture monitoring – the GROW example. Hungarian Geographical Bulletin, 68(2), 119–139. doi:10.15201/hungeobull.68.2.2

Levrel, H., Fontaine, B., Henry, P-Y., Jiguet, F., Julliard, R., Kerbiriou, C. & Couvet, D. (2010). Balancing state and volunteer investment in biodiversity monitoring for the

implementation of CBD indicators: A French example. Ecological Economics, 69(7), 1580–1586. doi:10.1016/j.ecolecon.2010.03.001

McKinley, D.C., Miller-Rushing, A.J., Ballard, H.L., Bonney, R., Brown, H., Cook-Patton, S.C., Evans, D.M., French, R.A., Parrish, J.K., Phillips, T.B., Ryan, S.F., Shanley, L.A., Shirk, J.L., Stepenuck, K.F., Weltzin, J.F., Wiggins, A., Boyle, O.D., Briggs, R.D., Chapin, S.F., Hewitt, D.A., Preuss, P.W. & Soukup, M.A. (2017). Citizen science can improve conservation science, natural resource management, and environmental protection. Biological Conservation, 208, 15–28. doi:10.1016/j.biocon.2016.05.015

Merante, P., Dibari, C., Ferrise, R., Sánchez, B., Iglesias, A., Lesschen, J.P., Kuikman, P., Yeluripati, J., Smith, P. & Bindi, M. (2017). Adopting soil organic carbon management practices in soils of varying quality: Implications and perspectives in Europe. Soil and Tillage Research, 165, 95-106. doi:10.1016/j.still.2016.08.001

Natal-da-Luz, T., Ribeiro, R. & Sousa, J.P. (2004). Avoidance tests with Collembola and earthworms as early screening tools for site-specific assessment of polluted soils. Environmental Toxicology and Chemistry, 23(9), 2188-2193. doi:10.1897/03-445

Natal-da-Luz, T., Römbke, J. & Sousa, J.P. (2008). Avoidance tests in site-specific risk assessment--influence of soil properties on the avoidance response of Collembola and earthworms. Environmental Toxicology and Chemistry, 27(5), 1112–1117. doi:10.1897/07-386.1

OECD – Organization for Economic Co-operation and Development (1984). Test No. 207: Earthworm, Acute Toxicity Tests. Organization for Economic Co-operation and Development: Paris, France. ISBN: 9789264070042

OECD – Organization for Economic Cooperation and Development (2016). Test No. 222: Earthworm Reproduction Test (Eisenia fetida/Eisenia andrei), OECD Guidelines for the Testing of Chemicals, Section 2. OECD Publishing: Paris, France. doi:10.1787/9789264264496-en

Oliveira, S.S., Pereira, J., Santos, P. & Pereira, R. (2020). Awareness and Knowledge of Portugal Residents about Natura 2000. Sustainability, 12(22), 9663. doi:10.3390/su12229663

Oliveira, S.S., Pereira, J., Santos, P. & Pereira, R. (2021). Assessing soil quality in schoolyards: a hands-on activity for middle school students. The American Biology Teacher, 83(5), 331–336. doi:10.1525/abt.2021.83.5.331

Orgiazzi, A., Bardgett, R.D., Barrios, E., Behan-Pelletier, V., Briones, M.J.I., Chotte, J-L., De Deyn, G.B., Eggleton, P., Fierer, N., Fraser, T., Hedlund, K., Jeffery, S., Johnson, N.C., Jones, A., Kandeler, E., Kaneko, N., Lavelle, P., Lemanceau, P., Miko, L., Montanarella, L., Moreira, F.M.S., Ramirez, K.S., Scheu, S., Singh, B.K., Six, J., van der Putten, W.H. & Wall, D.H. (Eds.) (2016). Global soil biodiversity atlas. European Commission, Publications Office of the European Union: Luxemburg. doi:10.2788/2613

Pelosi, C. & Römbke, J. (2016). Are Enchytraeidae (Oligochaeta, Annelida) good indicators of agricultural management practices? Soil Biology and Biochemistry, 100, 255–263. doi:10.1016/j.soilbio.2016.06.030

Phillips, H.R.P., Guerra, C.A., Bartz, M.L.C., Briones, M.J.I., Brown, G., Crowther, T.W., Ferlian, O., Gongalsky, K.B., Hoogen, J.V.D., Krebs, J., Orgiazzi, A., Routh, D., Schwarz, B., Bach, E.M., Bennett, J.M., Brose, U., Decaëns, T., König-Ries, B., Loreau, M., Mathieu, J., Mulder, C., Putten, W.H.V.D., Ramirez, K.S., Rillig, M.C., …, Cameron, E.K. & Eisenhauer, N. (2019). Global patterns of earthworm diversity, abundance, and biomass are driven by climate but differ from those of aboveground taxa. Science, 366(6464), 480–485. doi:10.1126/science.aax4851

Phillips, T.B., Ballard, H.L., Lewenstein, B.V. & Bonney, R. (2019). Engagement in science through citizen science: Moving beyond data collection. Science Education, 103(3), 665–690. doi:10.1002/sce.21501

Sundseth, K. (2015). The EU birds and habitats directives: For nature and people in Europe. Publications Office of the European Union: Luxembourg. doi:10.2779/49288

Toomey, A.H. & Domroese, M.C. (2013). Can citizen science lead to positive conservation attitudes and behaviors? Human Ecology Review, 20(1), 50–62. https://www.jstor.org/stable/24707571

UNEP – United Nations Environment Programme (2016). Marine plastic debris and microplastics – global lessons and research to inspire action and guide policy change. United Nations Environment Programme: Nairobi. Retrieved on December 3, 2019, from http://hdl.handle.net/20.500.11822/7720

USDA – United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Natural Resources Conservation Service & Soil Quality Institute (2001). Soil quality test kit guide. Retrieved on October 11, 2018, from http://ow.ly/OPTV50jnRNR

Wyles, K.J., Pahl, S., Holland, M. & Thompson, R.C. (2016). Can beach cleans do more than clean-up litter? Comparing beach cleans to other coastal activities. Environment and Behavior, 49(5), 509–535. doi:10.1177/0013916516649412

VI-8. Supplementary material nr. VI.1 – Statistical data

Table S1 – Significant differences between pH values obtained using the citizen science protocol and the standardized laboratory protocol, assessed through Related-Samples Wilcoxon Signed Rank Test.

Variables	W	Standard error	*p*
VWR™ pH stripes, Tap Water *vs* ISO protocol	113.000	16.260	0.001
VWR™ pH stripes, Spring Water 1 *vs* ISO protocol	70.000	12.619	0.052
VWR™ pH stripes, Spring Water 2 *vs* ISO protocol	184.000	24.145	<0.001
Labbox™ pH stripes, Tap Water *vs* ISO protocol	153.000	20.402	<0.001
Labbox™ pH stripes, Spring Water 1 *vs* ISO protocol	111.000	17.103	0.003
Labbox™ pH stripes, Spring Water 2 *vs* ISO protocol	210.000	26.026	<0.001

Table S2 – Significant differences between pre- and post-tests regarding knowledge and ecological behaviours, assessed through Related-Samples Wilcoxon Signed Rank Test.

Endpoint	W	Standard error	*p*
Literacy	-	-	-
Awareness about Natura 2000	4656.000	260.983	0.000
Knowledge about threatened wild species of Portugal	4928.000	285.339	0.000
Ecological behaviours	-	-	-
Depositing garbage in the appropriate recycling bin	400.500	43.708	0.000
Reusing shopping bags	162.000	29.088	0.222

Avoiding buying single use plastics	1140.000	109.790	0.000
Talking to others about environmental issues and Nature in general	1225.000	120.995	0.002
Being involved in environmental restoration actions (e.g., tree plantations)	1306.000	121.637	0.000
Participating in citizen science initiatives targeting Nature and/or the environment	2665.500	190.564	0.000
Having a shower instead of a bath	133.500	43.177	0.107

VI-9. Supplementary material nr. VI.2 – Training *vs* No training

Table S3 – Scores attributed by volunteers with (C) and without (G) training to each parameter analyzed at their respective sample site (sites 1-6).

Parameters	**G1**	**C1**	**G2**	**C2**	**G3**	**C3**	**G4**	**C4**	**G5**	**C5**	**G6**	**C6**
Compaction	8	8	5	8	5	5	5	5	8	8	8	5
Vegetation	2	8	8	8	2	2	2	2	2	8	8	8
Root size	5	2	2	2	2	2	2	2	5	5	8	2
Quantity of earthworms	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	5
Water infiltration capacity	2	2	2	8	2	2	2	2	2	2	2	5
Quantity of residuals	5	8	8	8	8	8	8	5	8	8	8	8
Water retention capacity	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Soil pH	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Soil smell	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Soil color	8	8	5	8	8	8	8	8	8	8	8	8

VII. CARACTERIZAÇÃO DO PAPEL DOS SOCIAL MEDIA EM PROJETOS DE CIÊNCIA CIDADÃ LIGADOS À BIODIVERSIDADE

Bárbara Barros[1,2,*,#], Sofia S. Oliveira[1,3*], Joana Pereira[4], Paulo Santos[1,3], Ruth Pereira[1,2]

up201706432@fc.up.pt

* Estes autores contribuíram igualmente para a realização deste trabalho, a ordem é meramente alfabética.

Captar 2020, 9(1), 54-67; https://doi.org/10.34624/captar.v0i0.21126

1. Dept. Biology, FCUP – Faculty of Sciences – University of Porto.

2. GreenUPorto – Sustainable Agrifood Production Research Centre.

3. CIIMAR - Interdisciplinary Centre of Marine and Environmental Research.

4. CESAM - Centre for Environmental and Marine Studies, Dept. Biology, University of Aveiro.

Palavras-Chave: Comunicação de ciência, Conservação da natureza, Redes sociais, Monitorização

VII-1. Abstract

A utilização dos *social media* por parte de projetos de ciência cidadã pode trazer vários benefícios, como a facilitação dos processos de recrutamento e retenção de voluntários. Assim, o objetivo do presente trabalho prendeu-se com a caracterização do uso dado aos *social media* pelos projetos Portugueses de ciência cidadã ligados à biodiversidade. Para isso, foi compilada uma base de dados nacional, que incluiu informação sobre o âmbito geográfico, a duração, o ecossistema alvo e a presença online de cada projeto. Posteriormente, efetuou-se uma análise do conteúdo publicado pelos projetos de ciência cidadã no Facebook, Instagram e Twitter. Ao todo, foram documentados 32 projetos de ciência cidadã ligados à biodiversidade em Portugal, que tinham maioritariamente uma curta duração (igual ou inferior a 3 anos) e um âmbito nacional. A maioria dos projetos não estava presente em

nenhuma plataforma social (n = 18, 58%), mas os que estavam utilizavam preferencialmente o Facebook. De uma forma geral, as plataformas sociais foram sobretudo aproveitadas para consciencializar e disseminar conhecimento sobre o tema ou espécies-alvo do projeto (n = 184, 39%), sendo a retenção (n = 80, 17%) e o recrutamento de participantes (n = 70, 15%) o segundo e o terceiro uso analisado mais frequente, respetivamente.

VII-2. Introdução

A ciência cidadã é uma forma de comunicação de ciência que se pode definir como a participação voluntária de elementos do público em projetos de investigação científica (Silvertown, 2009; Miller-Rushing et al., 2012; Chandler et al., 2017; McKinley et al., 2017). O desenho experimental destes projetos deve manter uma estrutura que respeite o método científico, sendo que os dados recolhidos e/ou analisados pelos voluntários devem poder ser utilizados por investigadores. Estes projetos devem também obedecer às normas necessárias para que possam ser revistos por pares, tal como aconteceria num contexto da ciência mais convencional (Silvertown, 2009; Bonney et al.,2014; McKinley et al., 2017). A ciência cidadã –que ganhou uma crescente popularidade durante os últimos anos no seio da comunidade científica (Silvertown, 2009; Bonney et al.,2014; Follett & Strezov, 2015; Bautista-Puig et al., 2019) –permite lançar um projeto a baixos custos, que auxilie os cientistas na recolha, no processamento e/ou na análise de um grande volume dados (Gardiner et al., 2012; Science Communication Unit, 2013; Chandler et al., 2017; McKinley et al., 2017); enquanto os voluntários podem beneficiar de um enriquecimento intelectual e até desenvolver atitudes e comportamentos pró-ambiente (Silva et al., 2016; Vitone et al., 2016; Phillips et al., 2019). Apesar das inúmeras vantagens decorrentes da integração do público na investigação científica estarem já bem documentadas na literatura, alguns investigadores continuam a ter uma atitude cética face à ciência cidadã (Golumbic et al., 2017). No entanto, há estudos que comprovam que os voluntários conseguem recolher dados de elevada qualidade (Crall et al., 2011; Gardiner et al., 2012; Gillet et al., 2012; Jordan et al., 2012; McKinley et al., 2017). Os *social media* podem ser definidos como plataformas online que têm como objetivo assegurar a conetividade de uma comunidade, em que o conteúdo é gerado pelos seus utilizadores (Obar & Wildman, 2015). Mas, devido à complexidade da delimitação desta definição, o presente trabalho irá focar-se apenas em redes sociais, microblogs e em comunidades que geram conteúdo (tabela VI.1) (Kaplan & Haenlein, 2010); ao longo deste trabalho, estes social media serão designados, no seu conjunto, por plataformas sociais. Em

Portugal, cerca de 65% da população usa plataformas sociais, despendendo, em média, duas horas por dia para o uso das mesmas. O Facebook e o Youtube são as plataformas sociais mais utilizadas pela população portuguesa (We Are Social & Hootsuite, 2020).

Tabela VII.1 – Plataformas sociais mais populares em Portugal, organizadas segundo a percentagem de utilizadores da internet que afirmaram usar cada uma. Dados de We Are Social & Hootsuite (2020).

Plataforma social	Tipo de *social media*	% de utilizadores da internet
Facebook	Rede social	90 %
Youtube	Comunidade que gera conteúdo	90 %
Instagram	Comunidade que gera conteúdo	61 %
LinkedIn	Rede social	35%
Pinterest	Comunidade que gera conteúdo	33%
Twitter	Microblog	31%

Como as plataformas sociais reúnem um grande número de pessoas num mesmo local (We Are Social & Hootsuite, 2020), estas podem oferecer vários benefícios aos projetos de ciência cidadã, uma vez que podem ser usadas para:

- Recrutamento e retenção de voluntários, visto que os elevados números de utilizadores reunidos nas plataformas sociais facilitam este tipo de ações (Wald et al., 2016);
- Consciencialização e disseminação de conhecimento sobre questões ambientais, um dos grandes objetivos de vários projetos de ciência cidadã associados à monitorização da biodiversidade (Taylor & Sammons, 2019);
- Submissão direta de dados pelos voluntários (Rocha et al., 2017).

Apesar do potencial das plataformas socias para serem aplicadas no contexto da ciência cidadã e da sua vulgar utilização por parte destes projetos, são poucos os estudos que caracterizam quantitativamente esta relação. Na verdade, na pesquisa bibliográfica efetuada foi encontrado apenas um estudo sobre esta temática, cujo objetivo foi caracterizar o uso das plataformas sociais em projetos de ciência cidadã relacionados com o setor florestal no Reino Unido (Ambrose-Oji et al., 2014). Neste estudo, verificou-se que nem todas as plataformas sociais estavam a ser utilizadas, havendo um maior foco no Facebook e no Twitter. Contudo, algumas das organizações responsáveis pelos projetos mostraram-se reticentes face ao uso das plataformas sociais por motivos variados, incluindo a falta de uma "cultura digital", o desconhecimento dos benefícios proporcionados e o preconceito de que as plataformas socais não são "meios sérios" (Ambrose-Oji et al., 2014). É neste contexto que surge o presente trabalho, que teve como objetivo colmatar a falta

de literatura científica nesta área, contribuindo assim com uma caracterização do uso das plataformas sociais por projetos de ciência cidadã portugueses que estejam ligados à monitorização da biodiversidade.

VII-3. Metodologia

Numa primeira etapa, compilou-se uma lista de projetos de ciência cidadã portugueses, com foco na monitorização da biodiversidade, que estiveram em funcionamento durante o ano de 2019. Para isso, foram seguidas várias estratégias e consultadas várias fontes: i) Consulta do programa do 2.º Encontro Nacional de Ciência Cidadã[5], realizado em Lisboa, em 2019 (por ter como objetivo reunir todos os profissionais da área em território nacional, esta foi uma escolha óbvia para o início da pesquisa); ii) Análise detalhada dos projetos de ciência cidadã identificados, pois por vezes estes estavam associados e/ou promoviam outras iniciativas similares; iii) Consulta de uma base de dados compilada e publicada por Chandler et al. (2017) que inclui projetos de ciência cidadã, de todo o Mundo, relacionados com a monitorização da diversidade biológica; iv) Pesquisa no Google usando as palavras-chave "ciência cidadã" e "Portugal", que levou ao surgimento de muitas páginas e, até mesmo de notícias, que foram úteis na compilação de informação; v) Pesquisa em portais (ex. "Zooniverse", "Biodiversity4All") que permitiu a identificação de projetos de ciência cidadã que atuam parcialmente dependentes destas plataformas; e por último, vi) Consulta da plataforma europeia "EU-Citizen.Science"[6], onde se encontram registados alguns projetos portugueses. Sempre que se encontrava um projeto, aquele era verificado e validado segundo três critérios: (1) se o projeto era realmente de ciência cidadã, (2) se era promovido por entidades portugueses para, exclusiva ou parcialmente, o público nacional e (3) se esteve ativo durante o ano de 2019. Estas verificações foram efetuadas através de uma pesquisa rigorosa em motores de busca e no website do projeto (quando existente), em que se procuraram indícios de interações com o público e informações acerca da localização da recolha de dados (por exemplo, através de saídas de campo, workshops realizados ou até mesmo dos resultados publicados pelo projeto). Após a compilação da lista de projetos validados, foi efetuada uma recolha sistemática de várias informações sobre cada um, nomeadamente:

[5] https://www.cienciacidada.pt/encontrocc2019/
[6] https://eu-citizen.science/

- Uma hiperligação que permitisse ter acesso a mais informação sobre o projeto (ex. blog ou plataformas sociais);
- A duração do projeto – curta (até 3 anos, inclusive), média (4-9 anos) e longa (10 anos ou mais);
- As espécies-alvo do projeto (quando aplicável);
- O ecossistema sobre o qual incidia a recolha de dados (terrestre, marinho e/ou água doce);
- O âmbito geográfico do projeto (regional, nacional ou internacional);
- O cariz da instituição promotora (ex. centros de investigação, instituições de ensino superior, municípios);
- As plataformas sociais em que o projeto estava presente.

Os projetos com presença em plataformas sociais foram alvo de uma análise detalhada do conteúdo publicado no Facebook, Instagram e/ou Twitter durante três meses selecionados aleatoriamente (março, julho e setembro de 2019). Apenas um projeto com plataformas sociais não foi considerado para esta análise ("Natura +"[7]), com o intuito de evitar o enviesamento dos dados, uma vez que os autores fizeram parte da equipa responsável pela gestão do mesmo. Esta análise consistiu na quantificação da interação com cada publicação (número total de gostos, comentários e partilhas) e numa análise do conteúdo das mesmas, que se focou em quatro variáveis categóricas: autoria da publicação, tipologia da publicação, conteúdo da publicação e utilidade para a ciência cidadã (ver anexo VI.1 para mais detalhes). A escolha destas variáveis e a definição de categorias para cada uma foi baseada na literatura (Handy, 2011; Ambrose-Oji et al., 2014; West & Pateman, 2016; Chandler et al., 2017; Feehan, 2020; Sprout Social, 2020). Relativamente à análise de conteúdo, o primeiro passo foi a codificação de uma amostra de 251 publicações, por dois autores independentes. Depois, recorrendo ao programa IBM SPSS Statistics (versão 26), foi efetuado o teste Cohen's kappa para cada uma das quatro variáveis codificadas para se determinar o nível de concordância entre ambos os codificadores: autoria, tipologia, conteúdo e utilidade para a ciência cidadã (McHugh, 2012; Lacy et al., 2015). Uma vez que se verificou um elevado nível de concordância para todas as variáveis ($\kappa > 0.80$) (McHugh, 2012), as restantes publicações foram posteriormente codificadas manualmente. De seguida, com recurso ao programa Microsoft Office Excel (versão de 2016), procedeu-se ao cálculo de

[7] https://www.facebook.com/anaturamais

percentagens, médias e desvios-padrão para caracterizar o cariz dos projetos de ciência cidadã encontrados e a sua presença em plataformas sociais. Quando relevante, também se realizaram testes estatísticos para se verificar se as diferenças encontradas entre dois ou mais grupos de dados eram ou não estatisticamente significativas. Para este fim, foram aplicados o teste de Mann-Whitney, o teste do Qui-Quadrado (χ^2) e o teste de Kruskal-Wallis (mais de dois grupos de dados). No caso deste último teste, sempre que se confirmou a existência de diferenças estatisticamente significativas, efetuou-se de seguida o teste *post hoc* Dunn-Bonferroni para averiguar entre que pares de grupos se verificavam essas diferenças.

VII-4. Resultados e discussão

No total, foram identificados 32 projetos portugueses de ciência cidadã ligados à monitorização da biodiversidade que estiveram em funcionamento em 2019 (anexo VI.2). Este número é superior ao documentado na revisão, de carácter global, sobre projetos de ciência cidadã ligados à biodiversidade efetuada por Chandler et al. (2017), que inclui apenas dois projetos portugueses. Apesar de a maioria dos projetos abordados (anexo VI.1) serem de curta duração, existem vários de longa e média duração que se encontravam ativos aquando da realização do trabalho de Chandler et al. (2017), pelo que poderiam estar presentes mais projetos portugueses nesta base de dados global. Contudo, o facto de a maioria dos projetos portugueses utilizarem somente a língua materna pode ter contribuído para a sua reduzida representatividade no estudo de Chandler et al. (2017).

Caracterização dos projetos de ciência cidadã

Em relação aos projetos de ciência cidadã analisados, verificou-se que cerca de 44% (n=14) eram projetos de curta duração, ou seja, estavam em funcionamento há três anos ou menos (figura VI.1); enquanto só 25% (n=8) dos projetos estavam ativos há dez anos ou mais (longa duração). Estes números revelam um crescente interesse pela aplicação da ciência cidadã à monitorização da biodiversidade em Portugal, o que está de acordo com a literatura que também denota um crescimento desta área a nível mundial (Silvertown, 2009;Bonney et al.,2014; Follett & Strezov, 2015; Bautista-Puig et al., 2019).

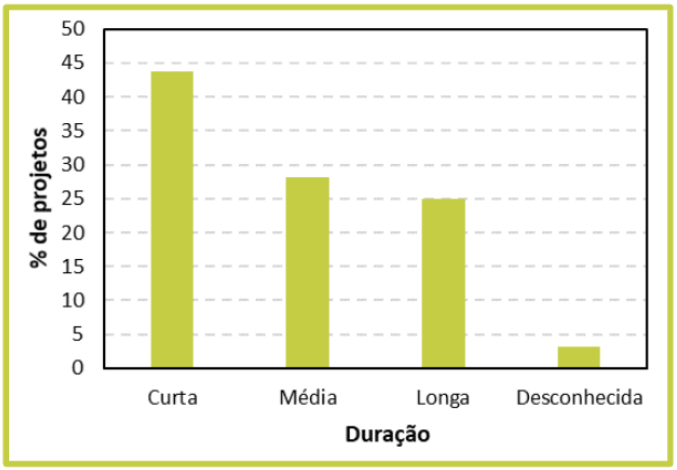


Figura VII.1 – Percentagem de projetos portugueses de ciência cidadã, com foco na monitorização da biodiversidade, em função da sua duração: curta (até três anos), média (entre os quatro e os nove anos), longa (dez anos ou mais) ou desconhecida.

Quanto ao âmbito geográfico, constatou-se que a esmagadora maioria dos projetos de ciência cidadã documentados atuavam a nível nacional (n = 24, 77%) (figura VI.2). No entanto, também se detetaram alguns projetos regionais, ou seja, projetos cuja recolha de dados incidia sobre zonas geográficas mais restritas (ex. "NEMAlgarve" e "Biodiversidade em Serralves"). Apenas um dos projetos analisados possuía um caracter mais internacional, o "Plant Letters". Ao contrário dos restantes, onde os voluntários tinham uma participação ativa na recolha de dados, o "Plant Letters" pedia a cidadãos de todo o mundo que contribuíssem para análise de dados recolhidos pelo projeto.

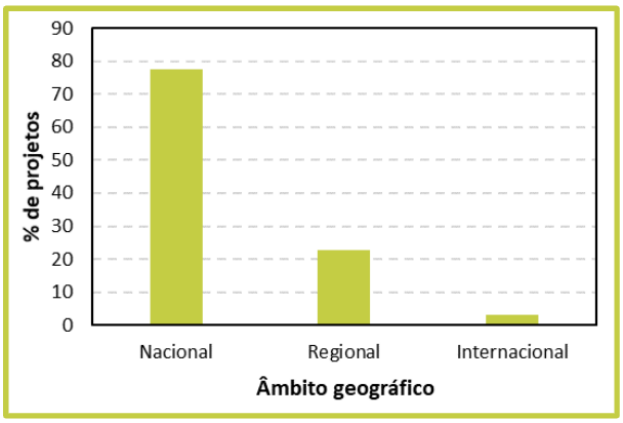


Figura VII.2 – Percentagem de projetos de ciência cidadã portugueses, ligados à biodiversidade, em função do âmbito geográfico sobre o qual incidia a recolha/análise de dados.

Quanto ao objeto de estudo, demonstrou-se que os projetos de ciência cidadã portugueses se focavam sobretudo em múltiplos grupos taxonómicos (n = 10, 31%), seguindo-se os projetos que se debruçavam sobre parâmetros ambientais (n

= 7, 22%) e invertebrados (n = 7, 22%) (tabela VI.2). Segundo Chandler et al. (2017), a nível global, os projetos de ciência cidadã para a biodiversidade (projetos com foco em variáveis ambientais não foram considerados neste estudo) debruçavam-se maioritariamente sobre insetos (n = 150, 36%), múltiplos grupos taxonómicos (n = 82, 20%), aves (n = 80, 19%) e plantas (n = 71, 17%). Portanto, de uma forma geral, a tendência Portuguesa é similar aos resultados deste estudo global no que toca aos grupos taxonómicos mais visados.

Tabela VII.2 – Objetos de estudo dos projetos de ciência cidadã portugueses ligados à monitorização da biodiversidade.

Plataforma objecto de estudo	n	%
Mamíferos	2	6
Aves	2	6
Peixes	1	3
Plantas	4	13
Invertebrados	7	22
Múltiplos grupos taxonómicos	10	31
Parâmetros ambientais	7	22

Já em relação ao ecossistema sobre o qual incidiu a recolha de dados, grande parte dos projetos focava-se exclusivamente no meio terrestre (n = 11, 34%) (figura VI.3), possivelmente devido à maior facilidade de execução de atividades neste tipo de ecossistemas. De acordo com Chandler et al. (2017), globalmente, o meio terrestre foi também o mais visado por projetos de ciência cidadã ligados à biodiversidade (n = 231, 55%), seguindo-se projetos que recolhiam dados sobre mais do que um ecossistema (n = 124, 30%). Assim, neste caso, os projetos de ciência cidadã portugueses parecem, mais uma vez, seguir a tendência verificada a nível global.

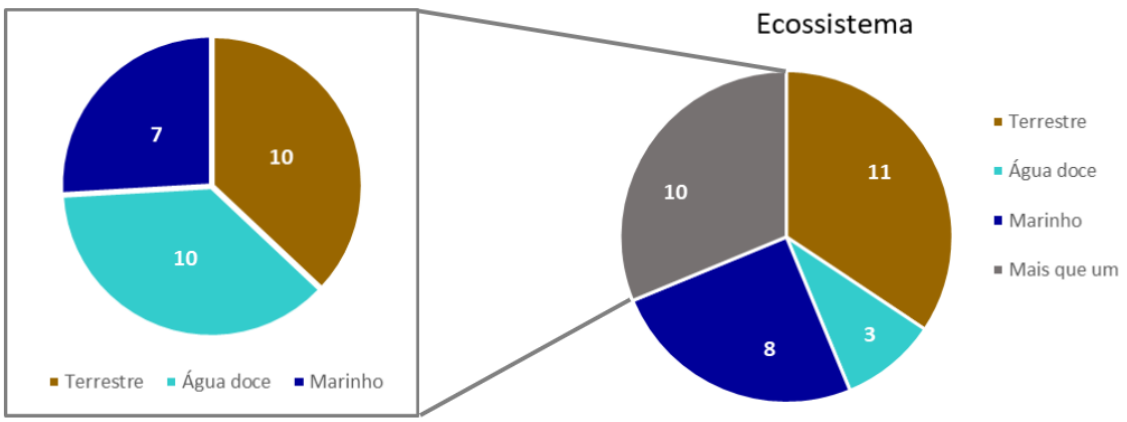


Figura VII.3 – Número de projetos de ciência cidadã portugueses, ligados à monitorização da biodiversidade, cuja recolha/análise de dados incidiu sobre ecossistemas terrestres, marinhos e/ou de água doce.

Relativamente às instituições promotoras, verificou-se que a maioria dos projetos estavam associados a instituições de ensino superior (n = 12, 39%) e/ou a centros de investigação (n = 9, 29%) (tabela VI.3). De notar que os Bioblitzs não foram considerados para esta análise, pois existem muitos eventos desta natureza que são promovidos pelos mais variados tipos de instituições, dependo do evento específico em questão. Estes resultados contrastam com o trabalho de Chandler et al. (2017), que demonstrou que, a nível global, a grande maioria dos projetos eram geridos por organizações civis (ex. organizações não governamentais).

Tabela VII.3 – Número e percentagem de projetos de ciência cidadã portugueses, com foco na biodiversidade, em função do cariz da(s) instituição(ões) promotora(s).

Instituição Promotora	n	%
Instituições de Ensino Superior	12	39
Centros de Investigação	9	29
Organizações Não-Governamentais	7	23
Centros Ciência Viva/CMIAs[1]	2	6
Entidades Governamentais	4	13
Municípios	2	6
Associações estudantis	1	3
Outras (ex. Núcleo de estudantes, Fundações privadas)	3	10
Desconhecido	2	6

[1]**CMIA** – Centro de Monitorização e Interpretação Ambiental

Caracterização do uso das plataformas sociais

O presente trabalho demonstrou que a maioria dos projetos de ciência cidadã analisados não estavam presentes em nenhuma plataforma social (n = 18, 58%). Contudo, aqueles que estavam presentes em plataformas sociais tinham, em média, uma conta em 2,3 ± 1,2 plataformas, sendo o Facebook e o Instagram as mais utilizadas (figura VI.4). Segundo dados estatísticos recentes, o Facebook e o Youtube são as plataformas sociais com um maior número de utilizadores, atualmente, em Portugal e no Mundo, sendo este número bastante semelhante para ambas as plataformas (Statistica, 2020; We Are Social & Hootsuite, 2020). No estudo realizado por Ambrose-Oji et al. (2014) – que incidiu sobre a utilização de plataformas sociais por projetos de ciência cidadã ligados à área florestal, no Reino Unido – as plataformas sociais mais utilizadas foram o Facebook e

o Twitter. Tanto o presente trabalho como o anteriormente citado denotam a ausência do Youtube entre as plataformas sociais mais utilizadas, talvez por a criação de vídeos exigir mais competências ou ser mais dispendiosa em termos do tempo dedicado à criação de conteúdo.

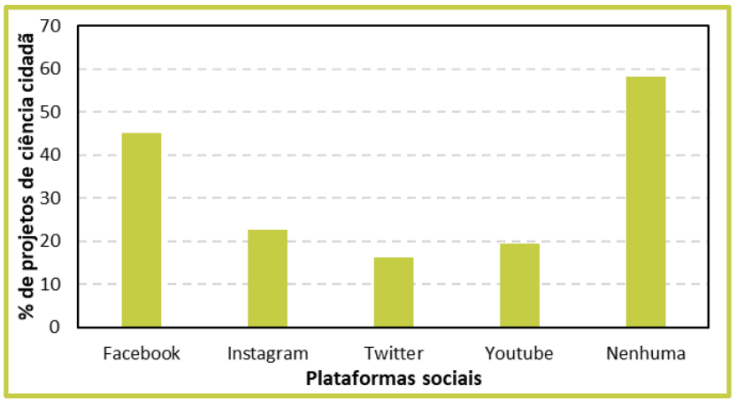


Figura VII.4 – Percentagem de projetos portugueses de ciência cidadã portugueses, ligados à biodiversidade, que estavam presentes em cada plataforma social.

É também relevante mencionar que a maioria dos projetos de ciência cidadã com um âmbito nacional estavam presentes em plataformas sociais, enquanto que apenas uma pequena percentagem de projetos regionais utilizava estes canais digitais (figura VI.5). Esta diferença poderá ser explicada por os projetos com um âmbito de atuação mais restrito terem possivelmente uma menor necessidade de aderir a plataformas sociais para interagir com os seus participantes ou para recrutar novos voluntários. Segundo este raciocínio, seria também de esperar que uma grande percentagem de projetos internacionais possuísse contas em plataformas socias, o que não se verificou. No entanto, o facto de a base de dados compilada neste trabalho conter apenas um projeto de cariz internacional pode ter enviesado os resultados.

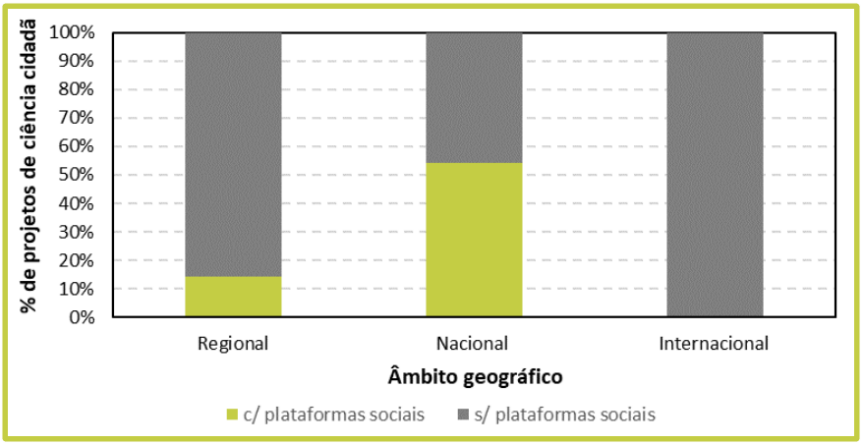


Figura VII.5 – Percentagem de projetos de ciência cidadã portugueses regionais, nacionais e internacionais com e sem presença em plataformas sociais.

Contudo, é de salientar que as diferenças detetadas relativamente à presença em plataformas sociais de projetos com diferentes âmbitos geográficos não foram estatisticamente significativas ($\chi^2 = 4{,}305$; $p = 0{,}116$).

Caracterização das publicações em plataformas sociais

Através da análise de conteúdo de todas as 472 publicações, verificou-se que 68% destas (n = 319) correspondia a conteúdo publicado pela equipa dos próprios projetos de ciência cidadã, sendo que apenas 32% (n = 152) dizia respeito a conteúdo de terceiros. No entanto, as recomendações mais recentes de gestão de plataformas sociais sugerem que a maioria do conteúdo publicado nestes canais deve integrar conteúdo de terceiros. Isto deve-se ao facto de, quando bem implementada, esta estratégia gerar mais interações por publicação, requerendo simultaneamente um menor investimento em termos de tempo despendido na criação de conteúdos (Handy, 2011). Além disso, verificou-se que 40% (n = 187) das publicações tinham comentários, sendo que em 48% dessas (n = 90) houve uma resposta por parte dos projetos aos comentários do público; no entanto, tal não aconteceu para as restantes 52% das publicações (n = 97), onde os comentários dos cidadãos não motivaram nenhuma resposta (na forma de comentário) por parte da equipa do projeto. Tendo em conta que dar *feedback* aos participantes e interagir frequentemente com estes são considerados aspetos essenciais para a retenção de voluntários (West & Pateman, 2016), estes resultados não são positivos e evidenciam um aspeto da utilização das plataformas sociais em que os projetos analisados podem melhorar.

De uma forma geral, as plataformas sociais foram sobretudo utilizadas pelos projetos de ciência cidadã para consciencializar e disseminar conhecimento sobre o tema ou espécies-alvo do projeto (n = 184, 39%) (tabela VI.4). A retenção (n =80, 17%) e o recrutamento de voluntários (n = 70, 15%) foram, respetivamente, o segundo e o terceiro uso mais dado às publicações em plataformas sociais, mas a sua expressão é bastante inferior à da utilização anteriormente mencionada. O treino de voluntários é um aspeto muito importante em projetos de ciência cidadã, uma vez que permite aumentar a qualidade dos dados recolhidos (Crall et al., 2011; Gardiner et al., 2012; Jordan et al., 2012; Science Communication Unit, 2013; McKinley et al., 2017). Contudo, apenas um número muito reduzido de publicações (n=9, 2%) foi usado especificamente para este fim, o que se pode dever à

escassez de estudos que comprovem a eficácia das plataformas sociais no treino de voluntários. Nenhuma das publicações analisadas teve como objetivo recolher dados diretamente dos participantes, talvez por haver opções que permitam uma melhor gestão destes (ex. portal próprio, Biodiversity4all). Mas, sabe-se que o projeto "Esquilo vermelho em Portugal" utilizou o Facebook para este fim (Rocha et al., 2017).

Tabela VII.4 – Número e percentagem de publicações com utilidade para a ciência cidadã.

Utilidade para Ciência Cidadã	n	%
Recolha de dados	0	0
Consciencialização e promoção de conhecimento	184	39
Recrutamento de voluntários	70	15
Retenção de voluntários	80	17
Treino de voluntários	9	2
Outros	129	27

Globalmente, a maioria das publicações consistiam em imagens (n = 271, 57%) e hiperligações (n = 122, 26%) (figura VI.6). Num estudo efetuado por Sprout Social (2020), 68% do público inquirido manifestou a intenção de interagir com imagens, 50% com vídeos e apenas 16% com hiperligações. Ou seja, aparentemente, os projetos de ciência cidadã portugueses estavam a publicar mais frequentemente o tipo de conteúdo preferido pelo público.

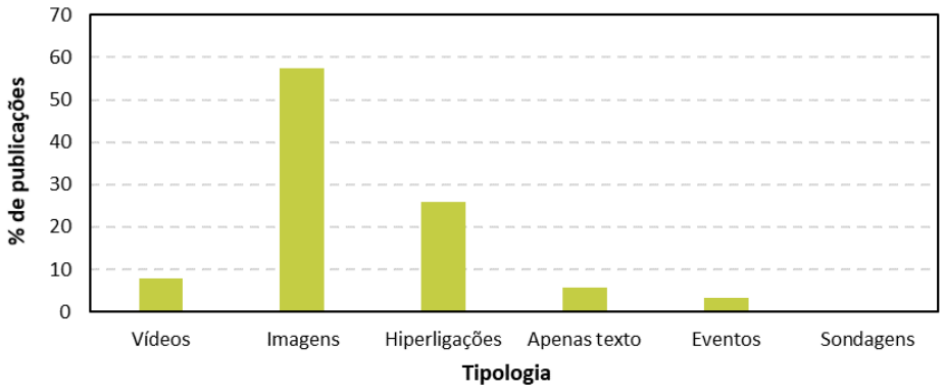


Figura VII.6 – Percentagem de publicações nas plataformas sociais em função do tipo de conteúdo publicado.

No entanto, é importante referir que a tipologia publicada com mais frequência variou de acordo com a plataforma social em questão (figura VI.7). No caso do Facebook, a maior parte das publicações foram imagens e as hiperligações ocupavam o segundo lugar. No Instagram, as imagens continuavam a ser a tipologia mais utilizada, mas, neste caso, em segundo lugar encontravam-se os vídeos.

É de notar que nesta plataforma social não é possível publicar hiperligações. Já no Twitter a maioria das publicações consistiam apenas em texto, sendo as hiperligações a segunda tipologia mais usada.

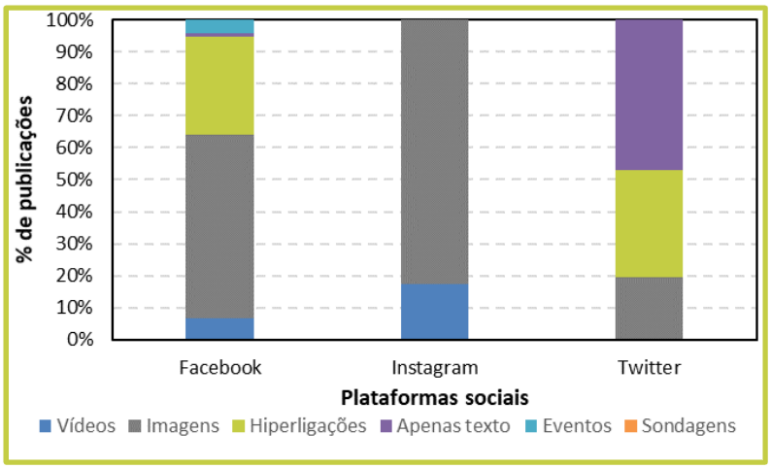


Figura VII.7 – Percentagem de publicações em função do tipo de conteúdo publicado em cada plataforma social.

Quanto à frequência de publicações por dia (tabela VI.5), verificou-se que, regra geral, o número de publicações por dia foi muito inferior ao recomendado pela literatura, que sugere a partilha de uma publicação por dia no Facebook, uma a duas no Instagram e cerca de 15 no Twitter (Meyers, 2020).

Tabela VII.5 – Mediana da frequência com a qual os projetos de ciência cidadã analisados publicavam nas diferentes plataformas sociais.

Plataformas sociais	Publicações por dia
Facebook	0,2
Instagram	0,1
Twitter	0,1

Interação média obtida para as publicações do Facebook

Dado que a maioria das publicações analisadas estavam circunscritas ao Facebook (n = 341, 72%), optou-se por proceder a uma análise mais pormenorizada das mesmas, fazendo uma avaliação preliminar do seu sucesso na geração de interações (número total de gostos, partilhas e comentários). Relativamente à autoria do conteúdo publicado no Facebook registou-se uma grande variabilidade, sendo que, em média, as publicações próprias obtiveram 29 ± 23 interações, enquanto que as publicações da autoria de terceiros geraram, em média, 28 ± 27 interações. Contudo, estas diferenças não se revelaram estatisticamente significativas (U = 12297,5; p = 0,327), o que significa que o conteúdo da autoria da equipa do projeto e o conteúdo de terceiros gerou aproximadamente o mesmo nível de interação. É, então, tal como

sugerido pela literatura (Handy, 2011), mais vantajoso para os projetos publicar conteúdo de terceiros, uma vez que a sua preparação é menos morosa. Com este trabalho verificou-se também que existiam diferenças estatisticamente significativas entre a interação média de publicações com diferentes teores de conteúdo (H = 48,966; p = 0,000). Apesar de a maior percentagem de publicações no Facebook corresponder a notícias/factos científicos (figura VI.8), aquelas que obtiveram uma maior interação média estavam relacionadas coma divulgação dos resultados obtidos pelo projeto (ex. número total de participações recebidas, mapa atualizado da distribuição das espécies). No entanto, apenas uma pequena percentagem de publicações dizia respeito a este género de conteúdo. Estes resultados sugerem que, a fim de gerar um maior interesse nas suas plataformas sociais, os projetos de ciência cidadã devem apostar em publicar mais frequentemente resultados do próprio projeto, recorrendo por exemplo a dados preliminares ou a subconjuntos de dados, uma vez que este conteúdo que gera uma interação média estatisticamente superior aos restantes.

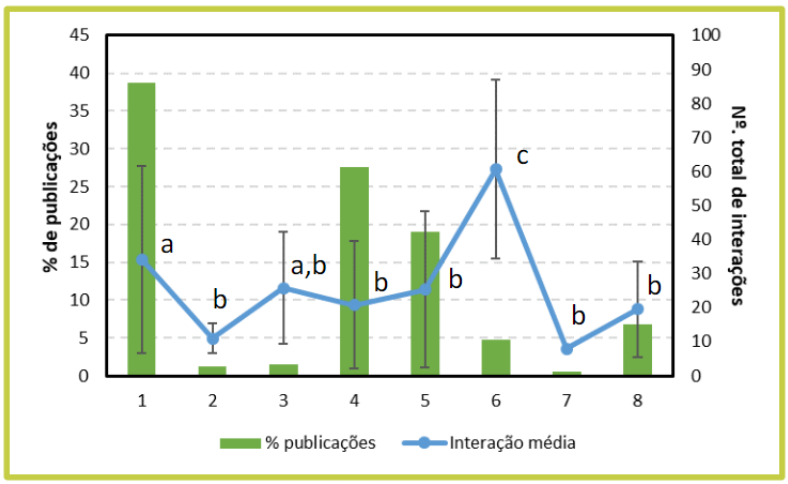


Figura VII.8 – Percentagem de publicações no Facebook e interação média em função do teor do conteúdo partilhado. Legenda: 1 –Notícias/Factos científicos, 2 –Datas comemorativas, 3 –Produção científica (ex. participações em conferências), 4 –Apelos à ação/Partilha de eventos, 5 –Bastidores, 6 –Resultados do projeto, 7 –Inquéritos, 8 –Outros. Nesta figura, as letras "a", "b" e "c" indicam diferenças estatisticamente significativas.

Quanto à tipologia das publicações (figura VI.9), verificou-se que existem diferenças estatisticamente significativas na interação média obtida (H = 26,403; p = 0,000). Na verdade, apesar de a maior percentagem de publicações analisadas corresponderem a imagens, a interação média para hiperligações foi superior, sendo esta diferença estatisticamente significativa (p = 0,024). Estes resultados diferem da bibliografia consultada, que refere que as imagens geram, em média, mais interações (Sprout Social, 2020). Estas diferenças podem resultar do facto de o presente

estudo se focar num setor muito específico, considerando que a interação média obtida por diferentes tipologias de conteúdo varia de acordo com o setor em questão (Feehan, 2020). Assim, sugere-se que os projetos de ciência cidadã invistam na partilha de hiperligações.

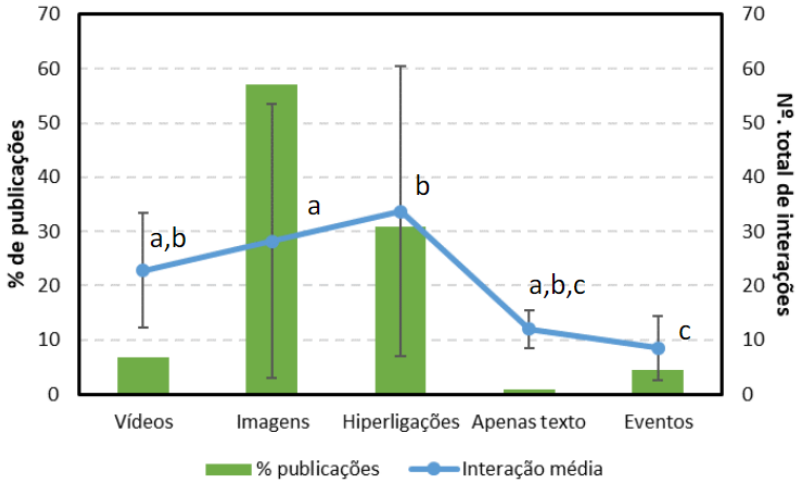


Figura VII.9 – Percentagem de publicações no Facebook e interação média obtida em função do tipo de conteúdo partilhado. Nesta figura, as letras "a", "b" e "c" indicam diferenças estatisticamente significativas.

VII-5. Conclusão

A ciência cidadã é uma área da comunicação de ciência que tem vindo a ganhar popularidade nas últimas décadas. O seu papel consiste em permitir a participação de cidadãos, não especialistas, em projetos de investigação científica. O envolvimento ativo da população na ciência é uma mais valia para os dois lados da equação pois, para os cidadãos, pode resultar numa maior consciencialização, na aquisição de conhecimentos e até na alteração de comportamentos e tomada de decisões; enquanto que para os cientistas a ciência cidadã constitui uma oportunidade para a obtenção de um maior número de dados sobre um espectro temporal e geográfico mais alargado. Apesar de alguns investigadores ainda apresentarem uma atitude cética face à validade dos dados recolhidos por elementos do público, existem variadas estratégias que os projetos de ciência cidadã podem utilizar para garantir a boa qualidade de dados (ex. treino dos voluntários, validação das submissões por cientistas). Os *social media* e, em particular, as plataformas sociais apresentam um grande potencial para serem aplicados por projetos de ciência cidadã. Por exemplo, o recrutamento e a retenção de voluntários são elementos necessários a qualquer projeto de ciência cidadã, que podem ser facilitados através do uso de plataformas sociais, uma vez que estas reúnem um grande número de utilizadores num único sítio. Com o presente trabalho, verificou-se que a maior parte dos projetos de

ciência cidadã portugueses, ligados à biodiversidade, não se encontrava presente em nenhuma plataforma social. Tal como mencionado num estudo semelhante, a ausência nestes canais digitais pode ser motivada pela falta de uma "cultura digital" e pela falsa premissa de que os social media não são considerados meios sérios para a partilha de informação. No entanto, vários projetos analisados possuíam, de facto, contas em plataformas sociais, sendo o Facebook a mais utilizada. De uma forma geral, as plataformas sociais foram sobretudo utilizadas para a consciencialização e promoção de conhecimento sobre os temas relacionados com o projeto, seguindo-se a retenção e o recrutamento de voluntários. No futuro, seria útil a realização de estudos que avaliassem a eficácia das publicações, em plataformas sociais, para cada um destes fins. Quanto ao tipo de conteúdo publicado, verificou-se que os projetos de ciência cidadã analisados optavam sobretudo por partilhar imagens e hiperligações, sendo que, de acordo com os resultados deste estudo e com fontes bibliográficas recentes, este tipo de conteúdo é geralmente considerado bastante apelativo pelo público. No entanto, no que diz respeito ao teor do conteúdo publicado, este estudo demonstra que os projetos analisados partilhavam maioritariamente notícias ou factos científicos, mas que obtiveram interações médias significativamente superiores quando partilharam os resultados obtidos pelo próprio projeto. Assim, sugere-se que as equipas que gerem as plataformas sociais destes projetos publiquem mais frequentemente este tipo de conteúdo, até porque, segundo a literatura, este é visto como sendo muito importante para a retenção de voluntários. Com o presente estudo, demonstrou-se também que os projetos de ciência cidadã portugueses ligados à biodiversidade apostavam mais na partilha de conteúdo próprio, o que é desaconselhado pela literatura, uma vez que o conteúdo de terceiros apresenta uma melhor relação custo-benefício. Por último, constatou-se que os projetos de ciência cidadã analisados tendem a publicar nas plataformas sociais com uma menor frequência do que aquela que é aconselhada pela literatura, o que pode limitar os benefícios gerados pela utilização das plataformas sociais. A caracterização do uso de plataformas sociais em projetos de ciência cidadã é uma área em que a bibliografia é muito escassa, daí a relevância deste trabalho, que é o primeiro a retratar esta realidade em Portugal para projetos ligados à monitorização da biodiversidade e um dos poucos a nível internacional. No futuro, seria importante alargar o âmbito geográfico do presente projeto e efetuar uma caracterização do uso das plataformas sociais por projetos de ciência cidadã a nível europeu ou mesmo global.

VII-6. Referências bibliográficas

Ambrose-Oji B, Van der Jagt APN, O'Neil S (2014). Citizen Science: Social Media as a supporting tool. Forest Research, Edinburgh, Scotland.

Bautista-Puig N, De Filippo D, Mauleón E, Sanz-Casado E (2019). Scientific landscape of citizen science publications: dynamics, content and presence in social media. Publications 7(1): 12.

Bonney R, Shirk JL, Phillips TB, Wiggins A, Ballard HL, Miller-Rushing AJ, Parrish JK (2014). Next steps for citizen science. Science 343(6178): 1436-1437.

Chandler M, See L, Copas K, Bonde AMZ, López BC, Danielsen F, Legind JK, Masinde S, Miller-Rushing AJ, Newman G, Rosemartin A, Turak E (2017). Contribution of citizen science towards international biodiversity monitoring. Biological Conservation 213: 280-294.

Crall AW, Newman GJ, Stohlgren TJ, Holfelder KA, Graham J, Waller DM (2011). Assessing citizen science data quality: an invasive species case study. Conservation Letters 4(6): 433-442.

Feehan B (2020). 2020 Social Media Industry Benchmark Report. Acedido a 4 de junho de 2020, em https://www.rivaliq.com/blog/social-media-industry-benchmark-report/#title-all-industry

Follett R, Strezov V (2015). An Analysis of Citizen Science Based Research: Usage and Publication Patterns. PLOS ONE 10(11): e0143687.

Gardiner MM, Allee LL, Brown PM, Losey JE, Roy HE, Smyth RR (2012). Lessons from lady beetles: accuracy of monitoring data from US and UK citizen-science programs. Frontiers in Ecology and the Environment 10(9): 471-476.

Gillett DJ, Pondella II DJ, Freiwald J, Schiff KC, Caselle JE, Shuman C, Weisberg SB (2012). Comparing volunteer and professionally collected monitoring data from the rocky subtidal reefs of Southern California, USA. Environmental monitoring and assessment 184(5): 3239-3257.

Golumbic YN, Orr D, Baram-Tsabari A, Fishbain B (2017). Between vision and reality: a study of scientists' views on citizen science. Citizen Science: Theory and Practice 2(1):

Handy T (2011). New Research Finds the Curation vs Creation Sweet Spot. Acedido a 5 de junho de 2020, em https://www.convinceandconvert.com/social-media-measurement/new-research-finds-the-curation-vs-creation-sweet-spot/

Jordan RC, Brooks WR, Howe DV, Ehrenfeld JG (2012). Evaluating the performance of volunteers in mapping invasive plants in public conservation lands. Environmental Management 49(2): 425-434.

Kaplan AM, Haenlein M (2010). Users of the world, unite! The challenges and opportunities of Social Media. Business Horizons 53(1): 59-68.

Lacy S, Watson BR, Riffe D, Lovejoy J (2015). Issues and Best Practices in Content Analysis. Journalism & Mass Communication Quarterly 92(4): 791-811.

McHugh ML (2012). Interrater reliability: the kappa statistic. Biochemia Medica 22(3): 276-282.

McKinley DC, Miller-Rushing AJ, Ballard HL, Bonney R, Brown H, Cook-Patton SC, Evans DM, French RA, Parrish JK, Phillips TB, Ryan SF, Shanley LA, Shirk JL, Stepenuck KF, Weltzin JF, Wiggins A, Boyle OD, Briggs RD, Chapin III SF, Hewitt DA, Preuss PW, Soukup MA (2017). Citizen science can improve conservation science, natural resource management, and environmental protection. Biological Conservation 208: 15-28.

Meyers L (2020). How Often To Post On Social Media: 2020 Success Guide. Acedido a 29 de setembro de 2020, em https://louisem.com/144557/often-post-social-media

Miller-Rushing A, Primack R, Bonney R (2012). The history of public participation in ecological research. Frontiers in Ecology and the Environment 10(6): 285-290.

Obar JA, Wildman SS (2015). Social Media Definition and the Governance Challenge: An Introduction to the Special Issue. Telecommunications Policy 39(9): 745-750.

Phillips TB, Ballard HL, Lewenstein BV, Bonney R (2019). Engagement in science through citizen science: Moving beyond data collection. Science Education 103(3): 665-690.

Rocha RG, Vieira BP, Rodrigues V, Fonseca C (2017). Public engagement offers insights on the Eurasian red squirrel distribution. European Journal of Wildlife Research 63(6): 87.

Science Communication Unit, University of the West of England, Bristol (2013). Science for environment policy in-depth report: Environmental citizen science. Report produced for the European Commission DG Environment, December 2013. Acedido a 14 de maio de 2020, em http://ec.europa.eu/science-environment-policy

Silva CG, Monteiro A, Manahl C, Lostal E, Holocher-Ertl T, Andrade N, Brasileiro F, Mota PG, Sanz FS, Carrodeguas JA, Brito RMM (2016). Cell Spotting: educational and motivational outcomes of cell biology citizen science project in the classroom. Journal of Science Communication 15(01): A02.

Silvertown J (2009). A new dawn for citizen science. Trends in Ecology & Evolution 24: 467-471.

Sprout Social (2020). Sprout Social Index: Edition XVI: Above & Beyond. Acedido a 4 de junho de 2020, em: https://sproutsocial.com/insights/data/index/

Statista –The statistic portal (2020). Most popular social networks worldwide as of April 2020, ranked by number of active users (in millions). Acedido a 2 de junho de 2020, em https://www.statista.com/statistics/272014/global-social-networks-ranked-by-number-of-users/

Taylor AT, Sammons SM (2019). Bridging the gap between scientists and anglers: the black bass conservation committee's social media outreach efforts. Fisheries 44(1): 37-41.

Vitone T, Stofer KA, Steininger MS, Hulcr J, Dunn R, Lucky A (2016). School of Ants goes to college: integrating citizen science into the general education classroom increases engagement with science. Journal of ScienceCommunication 15(01): A03.

Wald DM, Longo J, Dobell AR (2016). Design principles for engaging and retaining virtual citizen scientists. Conservation Biology30(3): 562-570. We Are Social & Hootsuite (2020). Digital 2020: Portugal. Acedido a 26 de junho de 2020, em https://datareportal.com/reports/digital-2020-portugal

West S, Pateman R (2016). Recruiting and retaining participants in citizen science: what can be learned from the volunteering literature? Citizen Science: Theory and Practice 1(2): 15.

VII-7. Anexo VII.1

Variáveis categóricas, categorias e respetivas definições utilizadas na análise de conteúdo das publicações partilhadas no Facebook, Instagram e Twitter.

Variáveis categóricas	Categorias	Descrição	Exemplo
Autoria	Conteúdo próprio	Conteúdo carregado pela conta do projeto de ciência cidadã ou, no caso de hiperligações externas, conteúdo cuja autoria pertença á equipa do projeto de ciência cidadã.	Uma imagem diretamente carregada pela conta do projeto ou uma hiperligação para um artigo científico, cujos autores pertencem à equipa do projeto.
	Conteúdo de terceiros	Todo o restante conteúdo.	Conteúdo partilhado de outras páginas de Facebook ou de jornais.
Tipologia	Vídeo	Ficheiros carregados como vídeos, sendo reproduzíveis dentro da plataforma social. Hiperligações para vídeos no Youtube, partilhados nos Facebook, não estão incluídos.	Um vídeo, reproduzível dentro do portal da própria plataforma social, sobre as alterações climáticas.
	Imagem	Ficheiros carregados em formato de imagem para as plataformas sociais.	Uma fotografia de um animal.

	Apenas texto	Publicações que contêm apenas texto, sem qualquer pré-visualização de ficheiros multimédia.	Hoje o nosso website estará em manutenção e, por isso, poderão notar dificuldades no acesso ao mesmo.
	Hiperligação externa	Publicações com uma pré-visualização do ficheiro de multimédia de uma hiperligação.	Uma notícia publicada por um jornal português, partilhada sob a forma de uma hiperligação com pré-visualização.
	Evento	Publicações partilhadas sob o formato de um evento do Facebook	Partilhar uma saída de campo, com o formato de um evento do Facebook.
	Sondagem	Publicações que permitam a interação dos participantes com as publicações (por meios diferentes de gostos, comentários ou partilhas) para selecionarem uma resposta.	Publicação que incentive os participantes a escolher a sua espécie preferida através da opção de voto das diferentes plataformas sociais.
Conteúdo	Notícias/Factos científicos	Divulgação de factos científicos, descobertas científicas ou implicações para a sociedade (incluí a partilha de artigos de jornais/revistas que relatam sobre estes assuntos). Os resultados e descobertas do projeto de ciência cidadã em análise	Sabiam que a baleia-de-bossa (*Megaptera novaeangliae*) está ameaçada de extinção em Portugal?

		não estão incluídos nesta categoria.	
	Datas comemorativas	Publicações que celebrem datas específicas.	Chegou a Primavera!
	Produção científica	Partilha de artigos científicos ou da participação em conferências por parte da equipa do projeto de ciência cidadã.	A ajuda dos nossos cientistas cidadãos permitiu-nos recolher dados importantes para a criação deste artigo científico!
	Apelos à ação/promoção de eventos	Partilha de eventos e/ou apelos á participação de voluntários para diversos propósitos (por exemplo, recolha de informação, inscrição noutro projeto, votos apelativos). Partilha ou apelo para o preenchimento de inquéritos estão excluídos desta categoria.	A nossa equipa vai realizar uma ação de limpeza e queremos convidar todos os nossos voluntários a participarem!
	Bastidores	Partilha de fotos ou outro conteúdo dos bastidores do projeto de ciência cidadã (por exemplo, fotos de reuniões/saídas de campo), exceto participações em conferencias.	Na semana passada, estivemos com os nossos voluntários no campo a recolher amostras!
	Resultados do projeto de ciência cidadã	Partilha dos resultados obtidos através do projeto de ciência cidadã.	O primeiro ano do projeto em números! 3000 submissões – UAU! Agradecemos a todos os nossos voluntários e colaboradores!
	Inquéritos	Partilha de inquéritos para os participantes preencherem.	Precisamos da sua ajuda para o preenchimento deste questionário!
	Outros	Conteúdo que não se enquadra em nenhuma das outras categorias.	Qual destas espécies gostam mais?

Utilidade para a ciência cidadã	Recolha de dados	Usuários submetem os dados para o projeto.	O Rogério enviou-nos esta foto de um esquilo no Gerês. Partilhem também as vossas observações connosco, através do Facebook, para que possamos usá-las para conhecer melhor a distribuição do esquilo-vermelho em Portugal! (+ partilha da publicação que o Rogério fez na página do projeto de ciência cidadã)
	Consciencialização e disseminação de conhecimento	Sensibilização e/ou partilha de informação sobre a espécie ou tema do projeto.	A erva-das-pampas está um pouco por todo o lado. Cada uma das suas plumas vai espalhar milhões de sementes, que por sua vez, vão dar origem a novas plantas.
	Recrutamento de voluntários	Partilha de apelos para a participação no projeto; promoção de eventos do projeto ou onde este colabora.	Já submeteram alguma observação de biodiversidade no nosso portal? Não se esqueçam: têm só até ao final do mês para o fazer! Contamos convosco!
	Retenção de voluntários	Partilha de resultados, descobertas científicas ou prémios ganhos pelo projeto; promover eventos para a partilha de resultados do projeto; oferecer prémios/distinções aos participantes.	Até agora, já recebemos em 2019 cerca de 300 observações submetidas pelos nossos participantes, que nos permitiram atualizar o mapa da distribuição de algumas espécies em território nacional. Vejam os mapas atualizados na figura abaixo!
	Treino de voluntários	Publicações que consistem em questionários para identificar corretamente certas espécies; partilha de instruções sobre como utilizar a	Que espécie de acácia é esta?

		aplicação ou como submeter os dados.	
	Outros	Publicações que não se enquadram em nenhuma outra categoria.	A nossa equipa esteve na Noite Europeia dos Investigadores na passada sexta-feira!

VII-8. Anexo VII.2

Projetos de ciência cidadã portugueses, ligados à monitorização da biodiversidade, que foram identificados no âmbito deste trabalho. Para cada projeto, encontra-se também indicada a sua duração – curta (até 3 anos), média (4 a 9 anos) ou longa (10 anos ou mais) –, o âmbito geográfico (regional, nacional ou global) e o(s) ecossistema(s) (terrestre, marinho e/ou água doce) sobre os quais incidiu a recolha de dados.

Projeto	Duração	Âmbito geográfico	Ecossistema(s)
A Grande Caça aos Ovos	Média duração	Nacional	Meio Marinho
A Minha Praia	Curta duração	Regional	Meio Marinho
App LIFELINES	Curta duração	Nacional	Terrestre
Bioblitzs	Longa duração	Regional	Terrestre / Água doce
Biodiversidade em Serralves	Média duração	Regional	Terrestre / Água doce
BioDiversity4All	Longa duração	Nacional	Terrestre / Água doce / Meio Marinho
BioRegisto	Curta duração	Regional	Terrestre / Água doce / Meio Marinho
Cartas da Natureza/Plant Letters	Curta duração	Global	Terrestre
Censos de Aves da SPEA	Longa duração	Nacional	Terrestre / Água Doce / Meio Marinho
Censos de Borboletas de Portugal	Curta duração	Nacional	Terrestre
Charcos com Vida	Longa duração	Nacional	Água Doce
Cigarras de Portugal	Longa duração	Nacional	Terrestre
Esquilo vermelho em Portugal	Média duração	Nacional	Terrestre
Estações da Biodiversidade	Longa duração	Nacional	Terrestre / Água doce / Meio Marinho
Flora-On	Média duração	Nacional	Terrestre / Água doce / Meio Marinho
Galhas de Portugal	Curta duração	Nacional	Terrestre
GelAvista	Média duração	Nacional	Meio Marinho

InvasorasPT	Longa duração	Nacional	Terrestre / Água doce / Meio Marinho
Lixo Zero no Mar dos Açores	Média duração	Regional	Meio Marinho
lixomarinho.app	Curta duração	Nacional	Meio Marinho
MosquitoWeb	Desconhecido	Nacional	Terrestre / Água doce / Meio Marinho
Natura +	Curta duração	Nacional	Terrestre / Água Doce
NEMAlgarve	Curta duração	Regional	Meio Marinho
Ouriço cacheiro em Almada	Curta duração	Nacional	Terrestre
PEGADA NA AREIA: Monitorização de Microplásticos nas Praias	Curta duração	Nacional	Meio Marinho
Percevejo asiático (*Halyomorpha halys*) PT	Curta duração	Nacional	Terrestre
Projeto EDUMAR	Curta duração	Nacional	Meio Marinho
Projeto Rios	Longa duração	Nacional	Água Doce
RiverCure	Curta duração	Nacional	Água Doce
SOS Cagarro	Média duração	Regional	Terrestre
SOS Vespa	Média duração	Nacional	Terrestre
VACALOURA.pt	Média duração	Nacional	Terrestre

VIII. SOCIAL MEDIA USE BY CITIZEN SCIENCE PROJECTS: CHARACTERIZATION AND RECOMMENDATIONS

Sofia S. Oliveira[1,2,3*], Bárbara Barros[1,3], Joana Pereira[4], Paulo Santos[1,2] and Ruth Pereira[1,3]

* oliveira.scds@gmail.com

Accepted in Frontiers in Environmental Science on July 2021.

1. Dept. Biology, FCUP – Faculty of Sciences – University of Porto.

2. CIIMAR - Interdisciplinary Centre of Marine and Environmental Research.

3. GreenUPorto – Sustainable Agrifood Production Research Centre.

4. CESAM - Centre for Environmental and Marine Studies, Dept. Biology, University of Aveiro.

Article reused under the license CC BY 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

VIII-1. Abstract

Citizen science projects often use social media, which is not surprising since they constitute a great opportunity to recruit, retain, and train volunteers. This study intended to quantitatively characterize the current use of social media by biodiversity-related projects and to reason on the best management practices. For this purpose, a database of projects was compiled and analyzed. The results revealed that 42% of the projects were present at least in one social platform, with Facebook being the most popular. Facebook posts were mainly intended to raise awareness and disseminating knowledge, but recruitment- and retainment-dedicated posts were also regularly shared.

Keywords: Citizen scientists, Nature conservation, Training of volunteers, Charismatic species, Content analysis

VIII-2. Introduction

Citizen science is a form of science communication that can be defined as the active involvement of a non-expert public in scientific research projects (ECSA, 2015; McKinley et al., 2017; Newman et al., 2017; ACSA, 2018). In the last years, the popularity of citizen science has grown immensely. Bautista-Puig et al. (2019) stated that the number of scientific publications addressing this topic increased by 78% between 2006 and 2017. In the field of biodiversity and environmental research, citizen science is often regarded as a great opportunity to collect scientific data, concomitantly improving literacy in the society (Chandler et al., 2017; McKinley et al., 2017; Phillips et al., 2019). So far, this approach has been employed to accomplish a vast number of ecology-related tasks, like finding rare species, tracking migrations, detecting shifts in abundance of certain organisms, and assessing water quality (Chandler et al., 2017; McKinley et al., 2017). However, one of the main constraints of citizen science is the recruitment of participants (Pocock et al., 2014; Wald et al., 2016; West & Pateman, 2016) and this is where the importance of social media raises.

According to Kaplan & Haenlein (2010), social media can be classified in several types: social networking sites (e.g., Facebook, LinkedIn, Instagram); blogs, including microblogs (e.g., Twitter); content communities (e.g., YouTube, Flickr, Pinterest); collaborative projects (e.g., Wikipedia); virtual social worlds (e.g., Second Life); and virtual game worlds (e.g., Sims). In the present study, we focused on social networking sites, content communities and microblogs, henceforth designated by “social platforms”. Facebook and Youtube are the most popular social platforms, with around 2.7 and 2 billion active users per month, respectively (Statista, 2020). Having so many people gathered in one place constitutes a great opportunity for promoting volunteering calls among potential participants, facilitating the recruitment process (Ambrose-Oji et al., 2014; Van Vliet et al., 2014; Wald et al., 2016; West & Pateman, 2016; Skelton et al., 2018). In addition, social platforms allow to maintain a regular communication with citizen scientists (Ambrose-Oji et al., 2014; Kaplan & Haenlein, 2010; Bhalla, 2011; Skelton et al., 2018) and, as some support a multi-way conversation, they can also enable participants to interact with each other and with the project managers (Bhalla, 2011). Both aforementioned features are considered essential for the retainment of volunteers and, thus, key to the success of citizen science projects (Wald et al., 2016; West & Pateman, 2016; Skelton et al., 2018; Phillips et al., 2019). Social platforms can even work as a stage for raising awareness and disseminating knowledge (Ambrose-Oji et al., 2014; Van Vliet et al., 2014; Hallman & Robinson, 2015; Taylor & Sammons, 2019),

which is a key goal of many citizen science projects focusing on biodiversity (Chandler et al., 2017). Finally, it is worth mentioning that some citizen science projects use social platforms to collect data directly from participants (Rocha et al., 2017). Clearly, there are many synergies that can be set between social platforms and citizen science goals and requirements.

Despite social platforms holding a great potential for citizen science application, it is still unclear how often and for what purpose are they being used by citizen science projects worldwide. As far as the authors are aware of, there is no published scientific literature addressing these questions, which motivated the present study, aiming specifically at: (i) characterizing the usage of social platforms by citizen science projects that focus on biodiversity and environment monitoring; and (ii) reasoning and defining best practices that citizen science projects should follow in order to maximize the benefits provided by social platforms.

VIII-3. Methods

In order to characterize the usage of social platforms by past and ongoing citizen science projects, a global database of citizen science projects that focused on biodiversity and environment monitoring (e.g., species distribution, water physicochemical parameters) was compiled. The worldwide database assembled by Chandler et al. (2017) was used as a starting point. This database was completed with citizen science projects implemented in Portuguese language to better cover our own country, as well as significant Portuguese-speaking areas of the globe in South America and Africa. This search was carried out on Google, by using the keyword string 'ciência cidadã' (Portuguese term for 'citizen science'), and on dedicated websites of wide coverage, such as the Portuguese citizen science conference (https://www.cienciacidada.pt/encontrocc2019/index.php) and the European Union's citizen science database (https://eu-citizen.science/). Note that, for the purpose of this study, only projects active in 2019 were considered, e.g., projects that were accepting data submissions in that year.

For each citizen science project, information about its geographical scope, time range, ecosystem targeted, and social platforms presence was retrieved from the website and social platforms of the project or the project's promoter(s). Descriptive statistics were used to briefly characterize the projects composing the database as well as their social platform presence. The social platform used by the highest number of projects (Facebook) was then targeted for further analysis. When possible, three projects from

each continent plus three global ones were chosen, according to the following criteria: (1) highest number of Facebook followers (only projects with over 1000 followers were considered), (2) diversity in terms of the projects' geographical scope and location, and (3) language used in Facebook posts (only projects that published mostly in English or Portuguese were considered for this stage)This allowed for the selection of 18 projects that were targeted fora more thorough analysis focusing on the content published during three randomly chosen months of 2019 (namely March, July, and September) on Facebook. This analysis consisted of user engagement metrics (number of likes, shares, and comments) plus content analysis of1162 Facebook posts.

For the content analysis, five categorial variables were deemed relevant and a coding scheme was developed for each one based on previous literature (Table VIII.1). Two authors of this study first coded the same random sample of 251 posts, then the intercoder reliability was evaluated by computing Cohen's kappa (κ) using IBM SPSS Statistics (version 26), which evidenced a high agreement (κ ≥ 0.80; Table VIII.1) for all coded variables (McHugh, 2012). Afterwards, all remaining posts were manually coded, and a database was created on Microsoft Office Excel (2016 version).

Table VIII.1 – Categorical variables used in the content analysis of Facebook publications. Cohen's kappa values (κ) were calculated using IBM SPSS Statistics (version 26) to evaluate the intercoder reliability. For more details on the coding schemes, please see Supplementary material VIII.1.

Categorical variables	Description or Categories	References	κ
Authorship	Own content, Third-party content.	Handy (2011); Pew Research Center (2018)	0.905
Typology	Video, Image, Text only, Hyperlink, Event, Poll.	Pew Research Center (2018); Feehan (2020); Sprout Social (2020)	0.949
Content Category	Science and nature news / facts, Commemorative dates, Scientific outputs, Calls to action / Share events, Backstage, Project results, Surveys, Others.	Ambrose-Oji et al. (2014); West & Pateman (2016); Pew Research Center (2018)	0.816
Taxonomic group	Taxa in which the post was mostly focused on.	Chandler et al. (2017)	0.816
Citizen science use	Collection of data, Promotion of awareness and dissemination of knowledge, Recruitment of	Ambrose-Oji et al. (2014); Van Vliet et	0.850

	volunteers, Retainment of volunteers, Training of volunteers, Others.	al. (2014); West & Pateman (2016)	

After coding, the frequency of each code was determined for all qualitative variables. When relevant, statistical tests were employed to assess the presence or absence of statistically significant differences among data groups. Pearson correlations were computed to address the association between the median interactions per Facebook post and the number of page followers, while Spearman's correlation was used to test the relationship between the posting frequency and the number of page followers. To assess whether there were statistically significant differences among projects regarding their total engagement (number of likes, comments, and shares) in Facebook, a Kruskal-Wallis test was applied followed by post-hoc Dunn's testing. These statistical tests were selected as, according to the Kolmogorov-Smirnov test and the Q-Q plot, the total engagement was not normally distributed ($p < 0.05$). Plus, Levene's testing indicated that the variances for this variable were not homogeneous ($p < 0.05$). For the same reasons or to keep consistency, this non-parametric approach was followed for the remaining comparisons among groups (variable categories) applied to address (i) whether own content generates more interactions than third-party content; (ii) which is the most engaging type of content; (iii) which is the most engaging content category; (iv) whether posts focusing on charismatic taxonomic groups generate more interaction. This analysis was performed by taking into account all the projects as a whole.

Unless otherwise stated, the statistical analyses were run in IBM SPSS Statistics (version 26).

VIII-4. Results and Discussion

Characterization of the citizen science database

The compiled database comprises 300 citizen science projects from around the world. Portals – projects that included two or more distinct citizen science activities (Chandler et al., 2017) – were considered as one entry in the database, except when their activities had a very distinguishable character (e.g., different geographical scope and taxonomic focus plus somewhat separate management approach), such as the case of British Trust for Ornithology's bird surveys and Norfolk Bat Survey. Europe and North America are by far the most well-represented continents in the dataset (Figure VIII.1). Regarding their geographical range, in North America, citizen science projects had mostly a local scope

(67%), while in Europe the majority of them (83%) was either national or regional (projects that collected data in more than one country of the same continent were classified as regional).

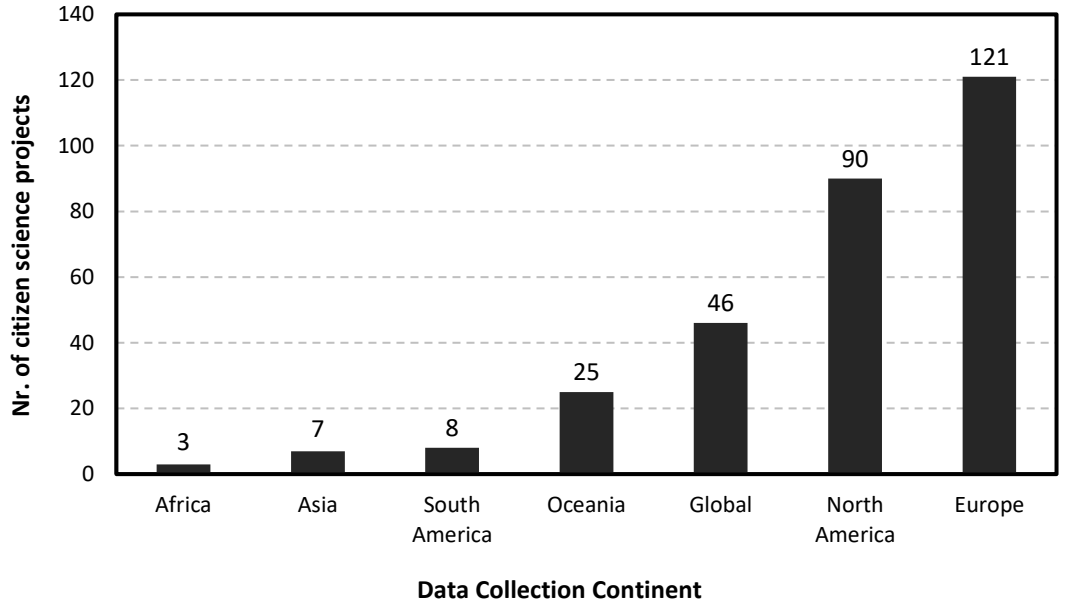


Figure VIII.1 – Number of citizen science projects by continent where the data collection took place. Projects that collected data from more than one continent were classified as “global”.

Most of the projects in the database were running for 10 years or over (n = 53%). The database also comprises 53 projects that were active during four to nine years, 38 projects that operated for three years or less, and 48 projects of unknown duration. The majority of the projects targeted more than one ecosystem (n = 42%) or focused exclusively on terrestrial ecosystems (n = 40%), possibly due to the facilitated access to terrestrial environments and their biota for carrying out activities involving biodiversity inspection. Marine and freshwater ecosystems were the sole focus of 44 and 10 projects, respectively. This tendency is similar to the one reported by Chandler et al. (2017), where most projects focused on terrestrial ecosystems only (n = 55%), followed by the ones that targeted multi-ecosystems (n = 30%).

Social media presence

More than one third of the documented projects used at least one social platform (42%). On average, the projects that used social platforms had an account on 2.2 ± 1.1 different websites. Facebook was the most used one (38%), followed by Twitter (29%), Instagram (13%), and YouTube (11%). Flickr (2%), Pinterest (1%), and LinkedIn (1%) were also utilized, but only by a few projects. Facebook was the most used social platform in all continents. However, in global and European projects, Twitter was utilized almost as

often. Overall, South American projects seemed to be the ones with a stronger social media presence, as they cumulatively held the highest percentage of social platforms use and the second greatest average number of social platforms per project (Figure VIII.2). It is also worth mentioning that local citizen science projects resorted less to social platforms than projects with a wider geographical scope, displaying simultaneously the least percentage of use and the lower average number of social platforms.

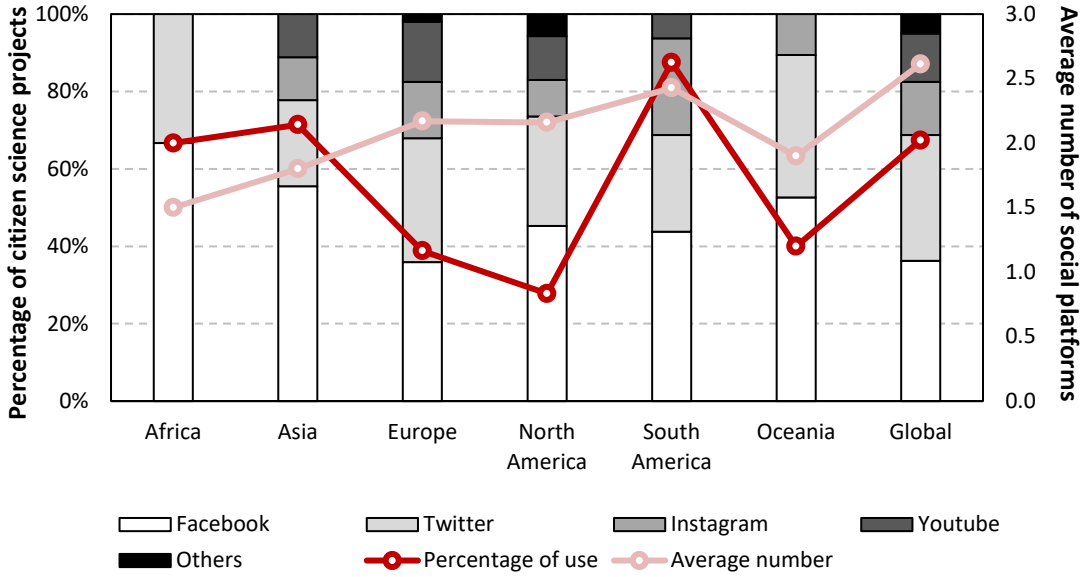


Figure VIII.2 – Usage of social platforms by citizen science projects, per geographic location. Bars represent the relative importance of different social platforms in each continent. The dark-colored line represents the percentage of citizen science projects that used social platforms in each continent and the light-colored line the average number of social platforms where projects had an account in.

General overview on Facebook usage

The citizen science projects selected for a more comprehensive analysis varied greatly in regard to the number of Facebook followers, median interactions, and posting frequencies (Table VIII.2).

Table VIII.2 – Citizen science projects selected for a more thorough analysis and their respective Facebook following, posting frequency and median interaction obtained by each post. The last column exhibits projects with statistically similar engagement values ($p > 0.05$), which was achieved by running a Kruskal-Wallis test ($H_{16} = 613.916$; $p < 0.001$) followed by Dunn's testing.

Project	Followers*	Median interaction	Posting frequency	Similar projects (source of variation: total engagement; p > 0.05)
1	> 50 000	102	1.01	3, 15, 17
2	< 5 000	21.5	0.26	4, 5 ,8 ,11 ,16
3	< 5 000	123	0.12	1, 4, 6, 7, 10, 11, 14, 15, 17
4	5 000 – 15 000	42	0.52	2, 3, 6, 7, 8, 11, 14
5	15 000 – 50 000	23	1.68	2, 8
6	15 000 – 50 000	42	1.45	3, 4, 7, 8, 11, 14

7	< 5 000	41	0.42	3, 4, 6, 8, 11, 14
8	< 5 000	16	0.03	2, 4, 5, 6, 7, 11, 12, 13, 16
9	> 50 000	456	0.95	10
10	> 50 000	182.5	0.50	3, 9, 15
11	5 000 – 15 000	35	0.45	2, 3, 4, 6, 7, 8, 14
12	< 5 000	12	0.84	8, 13, 16
13	5 000 – 15 000	5	1.29	8, 12, 16
14	< 5 000	57	0.60	3, 4, 6, 7, 11
15	5 000 – 15 000	121	0.30	1, 3, 10, 17
16	> 50 000	15.5	0.96	2, 8, 12, 13
17	15 000 – 50 000	87	1.25	1, 3, 15
18	< 5 000	-	0.00	-

* The Facebook following is displayed by class to ensure the anonymity of the projects. However, for all performed analysis, the exact number of Facebook followers (retrieved on September/October 2019) was used.

According to grey literature in the realm of social media marketing, it is recommended that Facebook pages publish an average of one post per day (Rezab, 2011; Ellering, 2017; Meyers, 2020). In fact, 10 of the selected projects followed this guideline by publishing between 0.5 to 1.4 posts per day. Most projects that did not abide by this guideline published too sporadically, which may cause their audience to lose interest in their project (Rezab, 2011). On the other end of the spectrum, there was one project that posted 1.7 publications, per day, on Facebook, which can be considered excessive. Publishing too frequently is not advisable as this is one of the factors that cause people to unfollow social platforms' pages (Sprout Social, 2020), diminishing the potential unpaid audience reach of future posts. Plus, overpublishing is often linked to a decrease of the engagement generated by each post (Rezab, 2011; Ellering, 2017; Meyers, 2020). In the present study, a moderate significant correlation between the posting frequency and the number of Facebook followers ($r_s = 0.591$; $p = 0.010$) was found: the pages with more followers generally showed higher posting frequencies. One possible explanation is that the projects with the largest number of followers gained their audience by applying the best practices available regarding Facebook page management, including the ones related to the posting frequency. Similarly, there was a strong significant linear positive correlation between the median interactions obtained per post and the number of followers ($r = 0.718$; $p = 0.001$), which was expected as pages with greater number of followers have a potentially superior number of viewers per post. Nonetheless, some exceptions were noted. For instance, the engagement obtained by project 16 was significantly lower ($p < 0.05$) than the one obtained by projects within the same range of followers (e.g., projects 1 and 9), while being similar to the engagement generated by projects with much less followers (e.g., projects 8 and 12). These discrepancies are likely

a result of the quality of the published content as well as the management practices adopted. Indeed, it is documented that Facebook pages may generate more or less interactions than expected based solely on their number of followers according to the quality of their performance (Handy, 2011; Rezab, 2011; Ellering, 2017; Clarke, 2019; Meyers, 2020; Sprout Social, 2020). Project 18 did not publish any posts on Facebook during the considered time frame, thus it was excluded from further analysis.

Own content vs third-party content engagement in Facebook

Regarding their authorship, the large majority of the documented publications corresponded to the project's own content (n = 811; 70%). Despite own content bearing a slightly superior engagement overall (medians: 37 > 36 interactions), the engagement obtained by these publications did not significantly differ from the one generated by third-party content (H_1 = 0.056; p = 0.814). According to social media marketing experts, companies can be broadly classified in three groups regarding the percentage of published posts corresponding to third-party content: self-promoters (≤ 50%), balanced (50 - 75%), and curators (≥ 75%) (Handy, 2011; Sukhraj, 2018). Following this classification, 13 projects were self-promoters, two were curators, and two adopted a balanced strategy in the present study (Figure VIII.3).

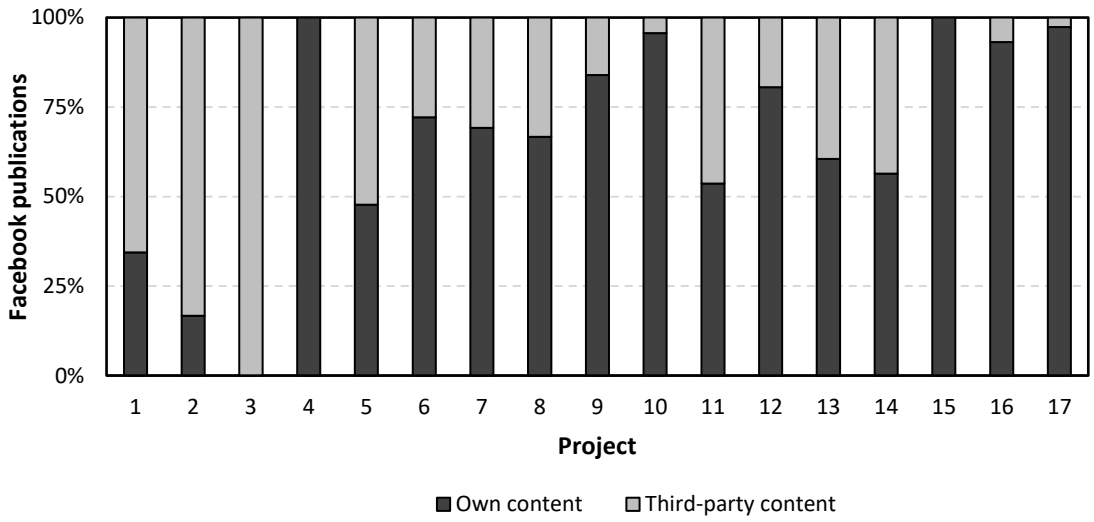


Figure VIII.3 – Percentage of Facebook posts that corresponded to own content and third-party content, for each selected citizen science project.

It is widely acknowledged that third-party content, when properly chosen, has the potential to generate more interactions, while being less time consuming (Handy, 2011; Sukhraj, 2018). The discrepancies between the literature and the current results are probably due to the lack of effective content curation practices by many projects, e.g., sharing content that has little relevance for the respective audience. On the other end of

the spectrum, creating own content to publish on social platforms is more time demanding, but this option often generates more conversions (e.g., clicks to the project website, project enrollments) (Handy, 2011; Sukhraj, 2018). Since conversions were not quantified during the present study due to the unavailability of such data to persons other than the Facebook page managers, it was not possible to assess whether or not own content was more successful in generating data submissions or recruiting participants. Overall, companies with a balanced strategy usually obtain the best results, generating more engagement than self-promoters and more conversions than curators (Handy 2011).

Responsiveness of citizen science projects in Facebook

In general, the selected projects were not very responsive on Facebook, with only four projects (22%) replying to the comments left by their audience on over 50% of their publications (Figure VIII.4). This includes project 8, whose team replied to at least one comment left by their audience in all their Facebook publications. This exception was possibly largely influenced by the very restricted number of posts they published during the analyzed timeframe (n = 3). The overall low response rate of the selected projects is not positive given that maintaining regular communications with citizen scientists and providing them feedback is an important factor for the retainment of volunteers (West & Pateman, 2016). Besides, promptly replying to comments is identified as a good management practice of social platforms (Clarke, 2019).

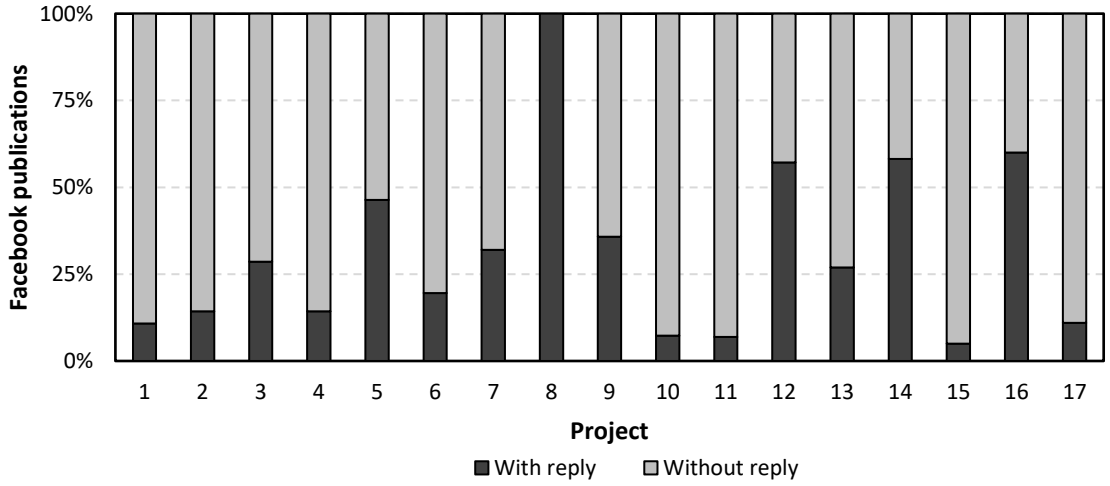


Figure VIII.4 – Percentage of Facebook posts where the project's management team replied, or not, to the comments left by their audience.

Engagement per post typology in Facebook

Considering their typology, most analyzed publications consisted of images (n = 557; 48%), hyperlinks (n = 480; 41%), and videos (n = 95; 8%). Text-only (n = 7; 1%) and event-format (n = 23; 2%) posts were barely used, while polls were completely absent from the dataset. These results are in accordance with the most recent literature on social platforms that recognizes images as the most common type of content published on Facebook (Feehan, 2020). When considering each project individually, 10 (56%) posted mainly images, six (33%) shared predominantly hyperlinks, while one project (6%) focused on a balanced publication of videos and images. In general, images are considered the most engaging type of content on Facebook (Feehan, 2020; Sprout Social, 2020). Sprout Social (2020) also revealed that 30% and 26% of inquired people expressed an intention of interacting with text-only posts and polls on social platforms, respectively, while only 16% mentioned they wanted to interact with hyperlinks. Unlike what the literature indicates, hyperlinks collected higher interactions than image-based posts in the present study (Table VIII.3). The disparity between the cited literature and the current results may be due to the fact that this work focused on a very narrow sector; in fact, previous studies have shown that the average interaction obtained by different typologies of posts differ between industry sectors (Feehan, 2020). Despite the literature suggesting that text-based posts and polls might be more effective in obtaining interactions than hyperlinks, these types of posts were either very poorly represented in our dataset or completely absent, preventing extended conclusions about their engagement potential in the specific context of citizen science projects targeting biodiversity. However, it is worth noticing that, in the scope of the current research, publications assigned to different typologies did not generate significantly different interactions ($H_4 = 9.017$; $p = 0.061$). Nonetheless, each project management team may wish to invest in adjusting their content according to their audience-specific preferences. For that purpose, they may test the effectiveness of the different typologies themselves by publishing a few posts of each type and comparing their engagement metrics, which are freely and automatically available on Facebook.

Table VIII.3 – Engagement of Facebook posts assigned to different typologies.

Typology	Median interaction
Video	37
Images	42
Hyperlink	48
Text-only	14
Event-format	21
Poll	-

Engagement per content category in Facebook

Most of the compiled publications focused on the following content categories: news/facts about science and/or the environment (n = 398; 34%); others (n = 336; 29%); and calls to action to participle in the project or promotion of events (n = 265; 23%). Project results (n = 76; 7%) and backstage content (n = 64; 6%) were also shared quite often. On the other hand, commemorative dates posts (n = 15; 1%), scientific outputs of the citizen science project (e.g., published papers or conference participations) (n = 4; 0.3%), and surveys (n = 4; 0.3%) were rarely shared on Facebook. Publications coded as different content categories showed statistically significant differences regarding their engagement (H_7 = 99.843; $p < 0.001$). Specifically, the content categories 'news/facts', 'commemorative dates', and 'others' obtained significantly higher interactions than 'project results', 'backstage', and 'calls to action/Share events' (Table VIII.4). These results indicate that, in general, the selected projects are already frequently publishing posts under highly engaging content categories.

Table VIII.4 – Engagement of Facebook posts coded as different content categories.

Content category	Median interaction
News / Facts	53.0
Commemorative dates	53.0
Scientific outputs	29.0
Calls to action / Share events	24.0
Backstage content	27.5
Project results	19.5
Surveys	15.0
Others	67.0

Engagement per taxonomic group in Facebook

In regard to the focus towards specific biota, the majority of the analyzed Facebook publications concerned the environment in general or multiple taxa (n = 373; 35%), birds (n = 307; 29%), plants (n = 220; 21%), terrestrial invertebrates (n = 126; 12%), and mammals (n = 62; 5%). When Kidd et al. (2018) analyzed posts on Twitter mentioning Australian threatened and extinct fauna, they found out that most tweets concerned birds and mammals. In fact, birds and mammals usually receive a rather disproportionate attention by conservation actions as well as by public awareness efforts (Clucas et al., 2008; Sitas et al., 2009; Troudet et al., 2017), which is likely at least partially due to the charismatic character of many of these taxa (Clucas et al., 2008; Sitas et al., 2009; Troudet et al., 2017; Albert et al., 2018; Courchamp et al., 2018; Kidd et al., 2018).

Although birds were indeed featured in most single taxon posts within the present study, mammals were largely surpassed by both plants and terrestrial invertebrates. When analyzing each project individually, the results are even less biased towards birds and mammals: less than one third of the projects (n = 5; 28%) posted mainly (> 50% of publications) about these taxa together (Figure VIII.5), and only one project that collected data on multiple species focused their Facebook publications on mammals.

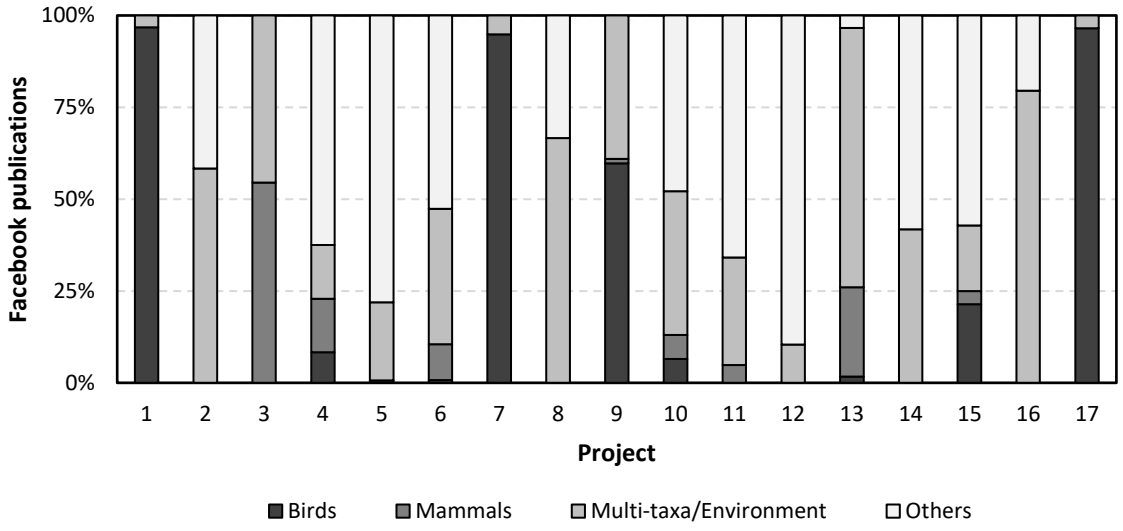


Figure VIII.5 – Taxonomic focus of each citizen science project on Facebook: percentage of posts concerning multi-taxa/environment, birds, mammals, and other taxa.

These findings indicate that citizen science is committed to raise awareness about often neglected taxonomic groups; this conclusion is also supported by the existence of many citizen science projects that work mostly with plants and terrestrial invertebrates (Chandler et al., 2017). Taxonomic groups rich in charismatic species (e.g., mammals; Albert et al., 2018; Courchamp et al., 2018) were expected to generate more interactions on social platforms, since they are perceived as more likable and appealing by the general public (Albert et al., 2018). In fact, significant differences in interaction were detected among posts with different taxonomic focus (H_{12} = 253.869; $p < 0.001$); however, there was not an evident bias towards charismatic species as expected (Table VIII.5). First, posts about birds got significant higher interactions than posts with any other taxonomic focus, except for macrofungi (see Table S2 in the supplementary material for the statistical support to this interpretation and those below). Although this seems to support the idea that charismatic species get more attention on social platforms, it is important to highlight that this result is strongly influenced by the presence of two projects that publish frequently about birds, which have a large number of followers and a high median interaction per post. Hence, this may also be a consequence

of the adoption of good management practices by these Facebook pages. Besides, mammals got statistically similar interactions than other groups that are not typically associated with charismatic species, like amphibians and reptiles. Macrofungi also generated significant higher interactions than most other groups, but this result is biased by the poor representation of this group in the dataset (group portrayed in only five posts). In the other end of the spectrum, plants got significantly lower interactions than many groups, including terrestrial invertebrates and saltwater fish. Overall, the lack of a clear bias in interaction towards charismatic species is again a surprising result. This may be linked to the fact that citizen science often attracts public that is already interested in the theme of these projects (Alender, 2016; Skelton et al., 2018), and, hence, may be more sensitized to biodiversity often thought of as less attractive.

Table VIII.5 – Number of Facebook posts focusing on different taxonomic groups and their respective obtained engagement.

Taxonomic group	n	Median interaction
Macrofungi	5	142.0
Birds	307	96.0
Reptiles	13	62.0
Terrestrial invertebrates	126	53.0
Amphibians	7	47.0
Mammals	62	45.0
Saltwater fish	22	32.5
Not focused on any species / Multi-taxa	373	26.0
Plants	220	19.0
Freshwater & migratory fish	5	18.0
Macroalgae	4	15.5
Aquatic invertebrates	16	14.0

Microorganisms	2	13.5

Citizen science-related purposes of Facebook posts

The most frequent citizen science usage of the compiled Facebook publications was the promotion of awareness and dissemination of knowledge (n = 401; 35%). Many posts were also dedicated to the recruitment (n = 178; 15%) and to the retention of volunteers (n = 175; 15%), while only a few concerned volunteer trainings (n = 32; 3%) and data collection (n = 6; 1%). It is also worth mentioning that a high proportion of publications did not fit any of the aforementioned categories (n = 370; 32%). When analyzing each project individually, the results are fairly similar: for almost half of them (n = 8; 44%), the predominant use of the publications was to raise awareness and disseminate knowledge, while a few projects used their Facebook posts primarily to recruit and retain citizen scientists (Figure VIII.6). These results are somewhat similar to the ones obtained by Ambrose-Oji et al. (2014), who reported that forestry-related citizen science projects based in the United Kingdom commonly used social platforms to recruit and retain volunteers, while some also used them as part of their educational approach. In addition, Wald et al. (2016) showed that social platforms are the primary mean of recruitment for many citizen science projects.

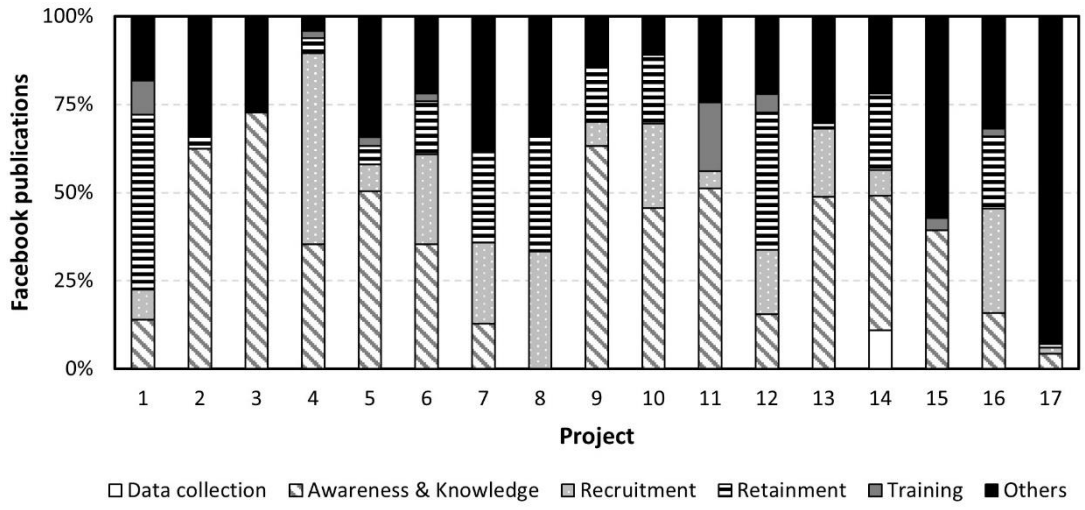


Figure VIII.6 – Percentage of posts that represented each citizen science usage for each selected project. The analyzed posts were published on Facebook by the selected citizen science projects during March, July, and September of 2019.

In the scope of the present research, the retainment of citizen scientists was attempted mostly by rewarding them with prizes or distinctions (e.g., featured observation of the week), which is a good practice supported by the literature (West & Pateman, 2016).

Nonetheless, according to West & Pateman (2016), providing citizen scientists with feedback on what the data they collected is being used for and sharing research findings with them are important factors for the retainment of volunteers. Plus, sharing this information with volunteers is considered one of the ten guiding principles of citizen science, as advocated by specialized international associations (ECSA, 2015; ACSA, 2018). Still, only 7% (n = 80) of the analyzed posts corresponded to scientific outputs (e.g., published papers or conference participations) or results of the citizen science projects. Although some citizen science projects used Facebook for direct data collection (e.g., Rocha et al., 2017), this option seems to be rather unusual, as suggested by the fact that, in the present study, only 6 posts belonging to a single project portrayed this kind of use. This may be explained by the existence of more suitable means for data collection, such as an own APP or website, iNaturalist, and Google Forms, all of which were used by many projects identified in the scope of the present study.

The training of citizen scientists is widely regarded as a great option to ensure the collection of high-quality data (Kosmala et al., 2016; McKinley et al., 2017). While some Facebook posts coded as promotion of awareness and dissemination of knowledge might have been intended to provide volunteers with some level of training, only a few publications (n = 32; 3%) actually challenged readers to practice the skills they will need when participating the project (e.g., species identification quizzes). So, despite social networks' potential to be applied in learning contexts (Javaeed et al., 2020), the selected citizen science projects barely used them for training purposes. Although not separately quantified, some publications in the current dataset referred to the promotion of in person and online training events, which might be a preferred method to assist volunteers in skill development.

VIII-5. Conclusions

The great number of people concentrated in social platforms turn them into a promising useful tool for citizen science projects. Although these online resources are commonly used by citizen science projects, there is a shortage of studies in this field. So, there is necessarily a lack of insight on to which extent and for what purpose social platforms are being used by citizen science. In the present study, we found that (i) more than one third of the documented citizen science projects were present on at least one social platform; (ii) that local projects resorted less to social platforms than projects with wider geographical scopes (ex. national, global); and that (iii) Facebook and Twitter were the most popular ones. On Facebook, most analyzed projects published an average of one

post per day, preferably sharing own content. Overall, the projects targeted for content analysis were not very responsive on Facebook, often leaving the comments of their public unaddressed. Images and hyperlinks were the type of content published more often, and these were found to be very engaging by the online audience of citizen science projects focusing on biodiversity and/or environment. Facebook was predominantly utilized to raise awareness and disseminate knowledge by almost half of the analyzed projects, nonetheless a few used this social platform mainly as a mean to recruit and retain volunteers. The retainment of volunteers through Facebook posts was mostly accomplished by offering prizes and distinctions to the citizen scientists, while sharing the project results and scientific outputs (a guiding principle of citizen science) was found to be a rare practice.

The Facebook performance of the selected citizen science projects was very heterogeneous: some were adopting good managing practices and achieving relatively high interaction rates, while others struggled to gain interactions despite having a large number of followers. Besides, a few projects did not seem to be taking advantage of the full potential of this social platform for their citizen science purpose, as evidenced by the large proportion of posts coded as “others” for the categorical variable “citizen science use”. Based on the available literature and on the results of the current research endeavor, a list of ten recommendations was prepared with the aim of aiding citizen science projects focusing on biodiversity and/or environment in maximizing the benefits collected throughout their social platform journey:

1. Choose wisely the social platforms to be present in according to the target audience of the project: different social platforms have distinct usage percentages in different regions of the globe and their popularity also varies with population demographics.
2. Use social platforms to recruit, retain, and also to train citizen scientists.
3. Adopt a balanced creation-curation strategy for better time-efficiency as a baseline approach to social platforms.
4. Publish own content when the intention is to recruit volunteers as own content tends to generate more website visits.
5. Allocate some time specifically to reply to comments on social platforms.
6. Post consistently and frequently to maintain people interested in the project. An average of one post per day is considered a good guideline for Facebook pages.
7. On Facebook, share mainly images and hyperlinks, as these seem to be the most appealing content typologies.

8. Publish news and previously established scientific facts about the topic of the project on Facebook as this content seems to be engaging for this specific population segment.
9. Share project results and scientific outputs on a regular basis. Letting volunteers know how and for what their data is being used is a key guiding principle of citizen science and contributes to retain participants.
10. Regularly check the interaction statistics of the posted content to gain insights on what kind of content works best for the specific audience of the project.

The recommendation list above reflects the ideal scenario that citizen science projects should aim for when managing their social platforms. Unfortunately, implementing these recommendations might be challenging for projects that are underfunded. In these cases, we recommend focusing on one social platform only, posting on the lower end of the recommended frequency (e.g., 3 to 4 times per week on Facebook), and slightly skewing page management towards a curation strategy. Even for projects with lower resources, replying to user comments should still be a priority, but, for timesaving purposes, managers can opt for replying to the ones that address concerns/questions shared by a high number of followers. When the budget of a citizen science project is limited, managers might tend to use their social platforms to directly benefit the project as much as possible, e.g., by constantly posting calls to action to participate in events. Nonetheless, for better overall results, it is also necessary to take into account the needs of the followers and providing them with content they find engaging.

In the present study, projects with 1000 followers or less were excluded from the Facebook content analysis because the engagement values of each post would typically be very low, making it harder to distinguish any engagement preferences. Nonetheless, we believe that the conclusions and recommendations evidenced in this article can equally guide smaller citizen science projects in their social media endeavors.

In conclusion, this work represents a first attempt at characterizing the worldwide use of social media by biodiversity-related citizen science projects with the ultimate aim of providing some guidelines for science communicators and scientists managing these projects. In the future, it would also be relevant to expand this content analysis to other commonly used social platforms (such as Twitter and Instagram) and to carry out a qualitative analysis of user comments. Besides, it would be of utmost importance to assess the efficacy of social platforms in raising awareness and in disseminating knowledge as well as in recruiting, retaining, and training citizen scientists. This could be

accomplished by using mixed methods, including consulting the traffic statistics of websites and directly surveying citizen scientists.

VIII-6. References

ACSA – Australian Citizen Science Association (2018). 10 Principles of Citizen Science. https://citizenscience.org.au/10-principles-of-citizen-science/ (visited 16 October 2020).

Albert, C., Luque, G. M., & Courchamp, F. (2018). The twenty most charismatic species. PLOS ONE, 13(7), e0199149. doi:10.1371/journal.pone.0199149.

Alender, B. (2016). Understanding volunteer motivations to participate in citizen science projects: a deeper look at water quality monitoring. Journal of Science Communication, 15(3), A4. doi:10.22323/2.15030204.

Ambrose-Oji, B., van der Jagt, A. P. N., & O'Neil, S. (2014). Citizen Science: Social Media as a supporting tool. Forest Research. doi:10.13140/2.1.1621.6326.

Bautista-Puig, N., De Filippo, D., Mauleón, E., & Sanz-Casado, E. (2019). Scientific landscape of citizen science publications: dynamics, content and presence in social media. Publications, 7(1), 12. doi:10.3390/publications7010012.

Bhalla, G. (2011). Collaboration and Co-creation: New Platforms for Marketing and Innovation. Springer-Verlag. doi:10.1007/978-1-4419-7082-4.

Chandler, M., See, L., Copas, K., Bonde, A. M. Z., López, B. C., Danielsen, F., Legind, J. K., Masinde, S., Miller-Rushing, A. J., Newman, G., Rosemartin, A., & Turak, E. (2017). Contribution of citizen science towards international biodiversity monitoring. Biological Conservation, 213, 280–294. doi:10.1016/j.biocon.2016.09.004.

Clarke, T. (2019). 14 Social Media Best Practices You Should Follow in 2020. https://blog.hootsuite.com/social-media-best-practices/ (visited on 21 October 2020).

Clucas, B., McHugh, K., & Caro, T. (2008). Flagship species on covers of US conservation and nature magazines. Biodiversity and Conservation, 17(6), 1517-1528. doi:10.1007/s10531-008-9361-0.

Courchamp, F., Jaric, I., Albert, C., Meinard, Y., Ripple, W. J., & Chapron, G. (2018). 'The paradoxical extinction of the most charismatic animals'. PLOS Biology, 16(4), e2003997. doi:10.1371/journal.pbio.2003997.

ECSA – European Citizen Science Association (2015). Ten principles of citizen science. https://osf.io/xpr2n/ (visited 16 October 2020).

Ellering, N. (2017). How Often to Post on Social Media? [Proven Research From 14 Studies]. https://coschedule.com/blog/how-often-to-post-on-social-media/ (visited on 23 October 2020).

Feehan, B. (2020). 2020 Social Media Industry Benchmark Report. https://www.rivaliq.com/blog/social-media-industry-benchmark-report/#title-all-industry (visited 4 June 2020).

Hallman, T. A., & Robinson, W. D. (2015). Teaching Bird Identification & Vocabulary with Twitter. The American Biology Teacher, 77(6), 458–461. doi:10.1525/abt.2015.77.6.458.

Handy, T. (2011). New Research Finds the Curation vs Creation Sweet Spot. https://www.convinceandconvert.com/social-media-measurement/new-research-finds-the-curation-vs-creation-sweet-spot/ (visited 5 June 2020).

Javaeed, A., Kibria, Z., Khan, Z., & Ghauri, S. K. (2020). Impact of Social Media Integration in Teaching Methods on Exam Outcomes. Advances in Medical Education and Practice, 11, 53–61. doi:10.2147/amep.s209123.

Kaplan, A. M., & Haenlein, M. (2010). Users of the world, unite! The challenges and opportunities of Social Media. Business Horizons, 53(1), 59–68. doi:10.1016/j.bushor.2009.09.003.

Kidd, L. R., Gregg, E. A., Bekessy, S. A., Robinson, J. A., & Garrard, G. E. (2018). Tweeting for their lives: Visibility of threatened species on Twitter. Journal for Nature Conservation, 46, 106–109. doi:10.1016/j.jnc.2018.10.001.

Kosmala, M., Wiggins, A., Swanson, A., & Simmons, B. (2016). Assessing data quality in citizen science. Frontiers in Ecology and the Environment, 14(10), 551–560. doi:10.1002/fee.1436.

Mancosu, M., & Vegetti, F. (2020). What You Can Scrape and What Is Right to Scrape: A Proposal for a Tool to Collect Public Facebook Data. Social Media + Society, 6(3), 15. doi:10.1177/2056305120940703

McHugh, M. L. (2012). Interrater reliability: the kappa statistic. Biochemia Medica, 22(3), 276–282.

McKinley, D. C., Miller-Rushing, A. J., Ballard, H. L., Bonney, R., Brown, H., Cook-Patton, S. C., Evans, D. M., French, R. A., Parrish, J. K., Phillips, T. B., Ryan, S. F., Shanley, L. A., Shirk, J. L., Stepenuck, K. F., Weltzin, J. F., Wiggins, A., Boyle, O. D., Briggs, R. D., Chapin, S. F., Hewitt, D. A., Preuss, P. W., & Soukup, M. A. (2017). Citizen

science can improve conservation science, natural resource management, and environmental protection. Biological Conservation, 208, 15–28. doi:10.1016/j.biocon.2016.05.015.

Meyers, L. (2020). How Often to Post on Social Media: 2020 Success Guide. https://louisem.com/144557/often-post-social-media (visited on 23 October 2020).

Newman, G., Chandler, M., Clyde, M., McGreavy, B., Haklay, M., Ballard, H., Gray, S., Scarpino, R., Hauptfeld, R., Mellor, D., & Gallo, J. (2017). Leveraging the power of place in citizen science for effective conservation decision making. Biological Conservation, 208, 55–64. doi:10.1016/j.biocon.2016.07.019.

Pew Research Center (2018). The Science People See on Social Media. https://www.pewresearch.org/science/2018/03/21/the-science-people-see-on-social-media/ (visited 4 June 2020).

Phillips, T. B., Ballard, H. L., Lewenstein, B. V., & Bonney, R. (2019). Engagement in science through citizen science: Moving beyond data collection. Science Education, 103(3), 665–690. doi:10.1002/sce.21501.

Pocock, M. J. O., Chapman, D. S., Sheppard, L. J., & Roy, H. E. (2014). Choosing and using citizen science: a guide to when and how to use citizen science to monitor biodiversity and the environment. Centre for Ecology & Hydrology. ISBN: 978-1-906698-50-8.

Rezab, J. (2011). How often should you post on your Facebook pages?. https://www.socialbakers.com/blog/147-how-often-should-you-post-on-your-facebook-pages (visited on 23 October 2020).

Rocha, R. G., Vieira, B. P., Rodrigues, V., & Fonseca, C. (2017). Public engagement offers insights on the Eurasian red squirrel distribution. European Journal of Wildlife Research, 63(6), 87. doi:10.1007/s10344-017-1145-y.

Sitas, N., Baillie, J. E. M., & Isaac, N. J. B. (2009). What are we saving? Developing a standardized approach for conservation action. Animal Conservation, 12(3), 231–237. doi:10.1111/j.1469-1795.2009.00244.x.

Skelton, C. J., Cook, A. S., West, P., Spencer, R.-J., & Old, J. M. (2018). Building an army of wombat warriors: developing and sustaining a citizen science project. Australian Mammalogy, 41(2), 186-195. doi:10.1071/am18018.

Sprout Social (2020). Sprout Social Index: Edition XVI: Above & Beyond. https://sproutsocial.com/insights/data/index/ (visited 4 June 2020).

Statista – The statistic portal (2020). Most popular social networks worldwide as of October 2020, ranked by number of active users (in millions). https://www.statista.com/statistics/272014/global-social-networks-ranked-by-number-of-users/ (visited on 30 October 2020).

Sukhraj, R. (2018). Content Creation vs. Curation: Have You Found the Sweet Spot? [Infographic]. https://www.impactbnd.com/blog/content-creation-vs.-curation (visited on 21 October 2020).

Taylor, A. T., & Sammons, S. M. (2019). Bridging the gap between scientists and anglers: the black bass conservation committee's social media outreach efforts. Fisheries, 44(1), 37–41. doi:10.1002/fsh.10186.

Troudet, J., Grandcolas, P., Blin, A., Vignes-Lebbe, R., & Legendre, F. (2017). Taxonomic bias in biodiversity data and societal preferences. Scientific Reports, 7, 9132. doi:10.1038/s41598-017-09084-6.

Van Vliet, A. J. H., Bron, W. A., & Mulder, S. (2014). The how and why of societal publications for citizen science projects and scientists. International Journal of Biometeorology, 58(4), 565–577. doi:10.1007/s00484-014-0821-9.

Wald, D. M., Longo, J., & Dobell, A. R. (2016). Design principles for engaging and retaining virtual citizen scientists. Conservation Biology, 30(3), pp. 562–570. doi:10.1111/cobi.12627.

West, S., & Pateman, R. (2016). Recruiting and retaining participants in citizen science: what can be learned from the volunteering literature?. Citizen Science: Theory and Practice, 1(2), 15. doi:10.5334/cstp.8.

VIII-7. Supplementary material nr. VIII.1

Table VII.S1 – Categorical variables, categories and definitions used for the content analysis of Facebook publications.

Categorical variables	Categories	Description	Example
Authorship	Own content	Content upload by the citizen science project's account or, in the case of external links, content whose authorship	Image directly uploaded by the account of the project or link to a scientific paper

		belongs to the citizen science project team.	authored by team members.
	Third-party content	All the other content.	Link to the International Union for Conservation of Nature.
Typology	Video	Files uploaded as videos and that are playable within the social media platform in analysis. Links to Youtube videos shared on Facebook are not included.	Facebook video about the importance of biodiversity.
	Image	Files uploaded as images to social platforms.	Photograph of a bird.
	Text only	Posts consisting of text, with no pre-visualization of any multimedia.	Our website in down for maintenance. It will be up as soon as possible.
	External link	Posts with a media pre-visualization of a link.	Link to a news published in the Guardian.
	Event	Posts shared in the format of a Facebook event.	Facebook event announcing a field trip to a protected area.
	Poll	Posts where participants can interact with the publication (by means other than likes, comments or shares) to select an answer.	Which of this plant is invasive in Portugal: (a) oak tree (b) silver wattle
Content	News / Scientific facts	Reporting new or previously established scientific facts, scientific discoveries or societal implications (incl. sharing articles from newspapers/magazines that report on this). The results and outputs of the citizen science project in analysis are not included in this category.	Invasive alien species are one of the main causes of biodiversity loss worldwide.
	Commemorative dates	Posts that celebrate specific dates.	It's Threatened Species Day!

	Scientific outputs	Sharing the citizen science project team's scientific articles or conference participations.	Thanks to all citizen scientists that helped us collect data for this article. Follow the link to read the full version.
	Calls to action / Promotion of events	Sharing events and/or appealing to the participation of volunteers for diverse purposes (e.g., data collection, enrollment in another project, vote appealing). Sharing or appealing to the fulfillment of surveys are excluded.	Register as a citizen scientist today and help us monitor the monarch butterfly across United States!
	Backstage	Sharing photos or other content from backstage of the citizen science project (e.g., photos of meetings/fieldtrips), except for conference participations.	Today we are in the Nortfolk, looking for noctule bats!
	Citizen science project results	Sharing results obtained through the citizen science project.	During the last season, we receive 3000 observations from citizen scientists! Thank you!
	Surveys	Sharing surveys for participants to fill.	If you have the time, please fill the form bellow to help us improve our conservation efforts.
	Others	Content that does not fit any other category.	Today, we are featuring the white stork on our website.
Use of social media	Collection of data	Users submit data to the project.	Rogerio sent us this beautiful picture of a monarch butterfly visiting his garden in Springfield (Oregon, USA) on 9/18. (+ sharing

			Rogerio's original post)
	Promotion of awareness and dissemination of knowledge	Raising awareness and/or sharing relevant information about the species or theme surrounding the citizen science project.	Eastern Towhees love sunflower seeds and peanut hearts! Good options to add to your bird feeder!
	Recruitment of volunteers	Sharing calls to action to participate in the project; promoting events of the project or where the project collaborates.	Last chance to register to be part of our crew of citizen scientists!
	Retainment of volunteers	Share results, scientific outputs or prizes earned; promote events to share project's results; offering prizes/distinctions to the participants.	569 observations, 167 different species, and 78 municipalities with records. This is only possible due to the cooperation of our citizen scientists. Thank you!
	Training of volunteers	Posts consisting of quizzes to identify species correctly; sharing instructions on how to use the app or how to submit data.	Which tree species has leaves like the ones in the picture? (a) oak tree (b) silver wattle
	Others	Posts that do not fit any other category.	Our website is down for maintenance, but you can still contact us through our social media.
Taxonomic focus	Microorganisms	Post mainly focused on microorganisms.	Read this news on how the government is providing support to farmers dealing with *Xylella fastidiosa*.

	Terrestrial invertebrates	Post mainly focused on terrestrial invertebrates.	This is the national distribution of the monarch butterfly.
	Aquatic invertebrates	Post mainly focused on saltwater invertebrates.	How many corals did you spot during your last dive?
	Plants	Post mainly focused on plants.	Help us map the silver wattle around your neighborhood!
	Freshwater & migratory fish	Post mainly focused on freshwater and migratory fish.	Did you know that salmon is the largest fish species in Irish rivers?
	Saltwater fish	Post mainly focused on saltwater fish.	The answer to our #FishEnigma from last week is Painted Stinkfish (*Eocallionymus papilio*)! Did you guess it right?
	Amphibians	Post mainly focused on amphibians.	Look at this beautiful Cave Salamander we just photograph last week!
	Reptiles	Post mainly focused on reptiles.	Do you think the Jan's Banded Snake (*Simoselaps bertholdi*) is dangerous to humans? • Yes • No
	Birds	Post mainly focused on birds.	How many different bird species can you spot in this video?
	Mammals	Post mainly focused on mammals.	One wolf was injured in a single-vehicle crash.
	Macrofungi	Post mainly focused on macrofungi.	A beautiful picture of Blue Pinkgill

			(*Entoloma hochstetteri*).
	Seaweeds	Post mainly focused on macroalgae.	Have you seen any Bladderwrack (*Fucus vesiculosus*) in the beach latetly?
	Multi-taxa / Environment	Post not focused on any taxa (e.g., focused on environmental variables or in biodiversity in general) or post that focus on two or more taxa belonging to more than one of the previously defined categories.	Did you know that the distribution of Maroon-bellied Parakeet (*Pyrrhura frontalis*) is correlated with the presence of Araucaria trees? The tree's nuts are one of the main food sources of these birds.

VIII-8. Supplementary material nr. VIII.2 – Statistical data

Table VII.S2 – Pairwise differences in total engagement among posts with distinct taxonomic focus, assessed through Dunn post hoc test.

Taxonomic focus	H	Standard error	P
Microorganisms - Seaweeds	-138.000	290.609	0.635
Microorganisms - Plants	-149.598	238.357	0.530
Microorganisms - Freshwater & migratory fish	-223.750	280.755	0.425
Microorganisms - Multi-taxa / Environment	-260.093	237.917	0.274
Microorganisms - Aquatic invertebrates	-281.344	251.675	0.264
Microorganisms - Reptiles	-291.019	254.881	0.254
Microorganisms - Mammals	-318.484	241.078	0.186
Microorganisms - Saltwater fish	-325.955	247.832	0.188
Microorganisms - Amphibians	-374.607	269.052	0.164
Microorganisms - Terrestrial invertebrates	-385.321	239.157	0.107
Microorganisms - Birds	-575.542	238.053	0.016
Microorganisms - Macrofungi	-606.350	280.755	0.031
Seaweeds - Plants	11.598	169.302	0.945

Seaweeds - Freshwater & migratory fish	85.750	225.105	0.703
Seaweeds - Multi-taxa / Environment	122.093	168.680	0.469
Seaweeds - Aquatic invertebrates	143.344	187.587	0.445
Seaweeds - Reptiles	153.019	191.867	0.425
Seaweeds - Mammals	180.484	173.111	0.297
Seaweeds - Saltwater fish	187.955	182.400	0.303
Seaweeds - Amphibians	236.607	210.327	0.261
Seaweeds - Terrestrial invertebrates	247.321	170.426	0.147
Seaweeds - Birds	437.542	168.873	0.010
Seaweeds - Macrofungi	-468.350	225.105	0.037
Plants - Freshwater & migratory fish	-74.152	151.766	0.625
Plants - Multi-taxa / Environment	-110.495	28.526	0.000
Plants - Aquatic invertebrates	131.746	86.889	0.129
Plants - Reptiles	-141.422	95.780	0.140
Plants - Mammals	-168.886	48.250	0.000
Plants - Saltwater fish	-176.357	75.035	0.019
Plants - Amphibians	-225.009	128.834	0.081
Plants - Terrestrial invertebrates	235.724	37.490	0.000
Plants - Birds	-425.944	29.642	0.000
Plants - Macrofungi	-456.752	151.766	0.003
Freshwater & migratory fish - Multi-taxa / Environment	-36.343	151.072	0.810
Freshwater & migratory fish - Aquatic invertebrates	57.594	171.927	0.738
Freshwater & migratory fish - Reptiles	-67.269	176.587	0.703
Freshwater & migratory fish - Mammals	-94.734	156.004	0.544
Freshwater & migratory fish - Saltwater fish	-102.205	166.251	0.539
Freshwater & migratory fish - Amphibians	-150.857	196.488	0.443
Freshwater & migratory fish - Terrestrial invertebrates	161.571	153.018	0.291
Freshwater & migratory fish - Birds	-351.792	151.287	0.020
Freshwater & migratory fish - Macrofungi	-382.600	212.231	0.071
Multi-taxa / Environment - Aquatic invertebrates	21.251	85.672	0.804
Multi-taxa / Environment - Reptiles	30.926	94.677	0.744
Multi-taxa / Environment - Mammals	58.391	46.023	0.205
Multi-taxa / Environment - Saltwater fish	65.861	73.623	0.371

Multi-taxa / Environment - Amphibians	114.514	128.017	0.371
Multi-taxa / Environment - Terrestrial invertebrates	125.228	34.577	0.000
Multi-taxa / Environment - Birds	315.448	25.859	0.000
Multi-taxa / Environment - Macrofungi	-346.257	151.072	0.022
Aquatic invertebrates - Reptiles	-9.675	125.299	0.938
Aquatic invertebrates - Mammals	-37.140	94.096	0.693
Aquatic invertebrates - Saltwater fish	-44.611	110.255	0.686
Aquatic invertebrates - Amphibians	-93.263	152.066	0.540
Aquatic invertebrates - Terrestrial invertebrates	103.978	89.059	0.243
Aquatic invertebrates - Birds	-294.198	86.050	0.001
Aquatic invertebrates - Macrofungi	-325.006	171.927	0.059
Reptiles - Mammals	-27.465	102.363	0.788
Reptiles - Saltwater fish	34.935	117.390	0.766
Reptiles - Amphibians	83.588	157.316	0.595
Reptiles - Terrestrial invertebrates	94.302	97.753	0.335
Reptiles - Birds	-284.522	95.019	0.003
Reptiles - Macrofungi	-315.331	176.587	0.074
Mammals - Saltwater fish	7.471	83.274	0.929
Mammals - Amphibians	56.123	133.801	0.675
Mammals - Terrestrial invertebrates	66.838	52.057	0.199
Mammals - Birds	257.058	46.723	0.000
Mammals - Macrofungi	-287.866	156.004	0.065
Saltwater fish - Amphibians	-48.653	145.619	0.738
Saltwater fish - Terrestrial invertebrates	59.367	77.538	0.444
Saltwater fish - Birds	-249.587	74.062	0.001
Saltwater fish - Macrofungi	-280.395	166.251	0.092
Amphibians - Terrestrial invertebrates	10.714	130.308	0.934
Amphibians - Birds	-200.934	128.270	0.117
Amphibians - Macrofungi	-231.743	196.488	0.238
Terrestrial invertebrates - Birds	-190.220	35.503	0.000
Terrestrial invertebrates - Macrofungi	-221.029	153.018	0.149
Birds - Macrofungi	-30.808	151.287	0.839

IX. CONCLUSIONS

Citizen science is not a new approach to science communication, but its popularity has grown immensely over the last decade. Based on previous literature, citizen science seemed well-positioned to address some of the main challenges that Natura 2000 currently faces, namely: low public awareness, low stakeholder engagement, and monitoring constraints. In fact, the current research resulted in further evidence of the challenges Natura 2000 is facing regarding literacy as it demonstrated how restricted Natura 2000 awareness and knowledge were among the general public in Portugal: although there were about 167 Natura 2000 sites in the country at the time of this study, on average, inquired people were only able to name 2.8 ± 2.2 sites. Besides, respondents also revealed to be poorly informed about the wildlife and the main threats in their favourite Natura 2000 protected area. These findings become even more worrisome when considering that this study included a high proportion of people who were expected to be informed about the topics of the survey (e.g., people working or pursuing studies in the field of biology/nature conservation). It is worth highlighting that the degree of affective connection of Portuguese communities to Natura 2000 sites was not assessed due to a high proportion of invalid answers.

Nonetheless, the current work also showed that, throughout the implementation of a soil-related citizen science protocol, it was possible to significantly increase literacy about Natura 2000. For instance, before participating in the activity, 68% of the citizen scientists said they never heard of the term “Natura 2000” before. Following the activity, 84% of the participants claimed to know what Natura 2000 is. Plus, after taking part in this same activity, many participants claimed to have the intention of engaging more often in ecological behaviours that were somewhat connected to the activity (e.g., avoiding buying single-use plastics). This finding is of utmost importance as addressing the current drivers of biodiversity loss requires a behavioural change by society. This citizen science approach also turned out to be very engaging for participants as demonstrated by the fact that they attributed to this activity a ranking of 4.5 ± 0.6 (out of a maximum of 5) regarding how much they enjoyed it. Plus, many volunteers, after engaging in the activity, mentioned they were interested in being involved in citizen science more often.

Regarding the monitoring potential of the soil-related activity, mixed results were obtained. The soil pH values obtained using the citizen science protocol were statistically similar to the laboratory measurements, under specific circumstances. Plus, the results concerning the abundance of earthworms were in agreement with previous scientific

literature. However, this citizen science protocol as a whole was showed not be an accurate surrogate for soil quality, according to standard avoidance essays with *Eisenia fetida*. It is important to notice that this negative finding might be a reflect of the complexity of assessing the accuracy of a multi-parametric citizen science protocol based on a single umbrella target. Hence, validation efforts should be furthered based on the lessons learned with the present research (e.g., using reproduction essays with *Eisenia fetida* as the umbrella target for validation). This is especially relevant because this citizen science approach is economically more advantageous than executing the standard scientific methods, as proved by the current study.

Social media played a major role in the citizen science project launched in the scope of this thesis, which motivated a broader study on the current practices of these kind of projects on social media, in Portugal and worldwide. These studies showed that more than one third of the citizen science projects were present in social platforms: Facebook and Twitter were the most used ones globally; in Portugal, Facebook and Instagram had the most project users. Most publications of these projects aimed to raise awareness and disseminate knowledge (both in Portugal and worldwide), but posts dedicated to the recruitment and retainment of participants were also often shared. Although social media was previously showed to have potential to be applied in educational contexts, citizen science projects rarely use them to actively train their volunteers (e.g., sharing quizzes to identify species). Overall, projects differed greatly regarding the adopted management practices (e.g., publishing frequency, creation-curation strategy) and there is room for improvement in order for them to take the most advantage of these platforms in a time-efficient manner.

In conclusion, this thesis provided evidence that citizen science might be a great tool to increase engagement and literacy about Natura 2000, ultimately enhancing its overall conservation performance. The results regarding its monitoring potential were less comprehensive and conclusive, but still evidenced some positive remarks that might help guide future validation endeavours and, consequently, boost the value of the developed citizen science activities. Plus, this thesis also led to the compilation of guidelines that are intended to help scientists and science communicators managing citizen science projects achieve a better performance in social platforms.

U.PORTO
FACULDADE DE CIÊNCIAS
UNIVERSIDADE DO PORTO