

XVIII EN C III iSS

educação em ciências: cruzar caminhos, unir saberes



XVIII ENEC III ISSE

2019

**educação em ciências:
cruzar caminhos, unir saberes**

Clara Vasconcelos, Rosa Antónia Ferreira, Cristina Calheiros,
Alexandra Cardoso, Belmira Mota & Tiago Ribeiro

Editores

Proceedings Book: XVIII ENEC | III ISSE
Educação em Ciências: cruzar caminhos, unir saberes

Editores

Clara Vasconcelos – Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Unidade de Ensino das Ciências, Porto, Portugal

Rosa Antónia Ferreira – Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Unidade de Ensino das Ciências, Porto, Portugal

Cristina Calheiros – Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental (CIIMAR), Porto, Portugal

Alexandra Cardoso – Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Unidade de Ensino das Ciências, Porto, Portugal

Belmira Mota – Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Unidade de Ensino das Ciências, Porto, Portugal

Tiago Ribeiro – Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Unidade de Ensino das Ciências, Porto, Portugal

DOI 10.24840/978-989-746-198-9

ISBN 978-989-746-198-9 (eBook)

Data 5, 6 e 7 de setembro de 2019

Local Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

Página de web <https://enec2019.fc.up.pt/>

09. Divulgação em Ciências Divulgación en Ciencias Science Communication and Outreach	462
Public engagement in geoparks creation: the case of figueira da foz	463
Centro de recursos de atividades laboratoriais móveis.....	469
Aproximar a ciência e a sociedade: o potencial da educação em ciências na ciência cidadã	478
Literacia em geociências, a ética e o custo do conforto no desenvolvimento sustentável: as baterias de íões de lítio	484
Uma exposição de matemática através do olhar das ciências da natureza	495
Laboratorial internships for high school students in higher education institutions: a first approach to scientific research.....	504
Percurso geológico do centro histórico do porto como ferramenta de ensino em ciências	509
Exposição “olhares sobre o manguezal”: o uso da fotografia na educação ambiental e divulgação em ciências	517
A promoção da alfabetização científica a partir de circuitos educativos: um olhar sobre a complementaridade da educação formal e não formal	527
Explorando o funcionamento e a biodiversidade dos ecossistemas aquáticos dulçaquícolas: três exemplos de atividades experimentais	538
A importância de conhecer o funcionamento e os serviços ambientais prestados pelos ecossistemas aquáticos dulçaquícolas	544
Divulgar ciência envolvendo o público: promoção da cultura científica dos cidadãos num percurso geológico pela serra do gerês	553
Ciclo de conferencias de invescerca: acercando la investigación científica a la sociedad. Una experiencia de alfabetización científica.....	562
10. História das Ciências no Ensino das Ciências Historia de las Ciencias en la Enseñanza de las Ciencias History of Science in Science Teaching	567
Los descubrimientos astronómicos de galileo y sus consecuencias revolucionarias.....	568
O professor manuel josé barjona e o ensino das ciências naturais no museu mineralógico da universidade de coimbra	576

A IMPORTÂNCIA DE CONHECER O FUNCIONAMENTO E OS SERVIÇOS AMBIENTAIS PRESTADOS PELOS ECOSISTEMAS AQUÁTICOS DULÇAQUÍCOLAS

Ana Antão-Geraldes¹, Cristina Calheiros²

¹*Centro de Investigação de Montanha, Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Bragança (PORTUGAL)*

²*Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental (CIIMAR) da Universidade do Porto (PORTUGAL)*
geraldes@ipb.pt

Resumo

Os ecossistemas aquáticos dulçaquícolas possuem níveis elevados de biodiversidade e oferecem uma ampla variedade de serviços ecossistémicos à humanidade, destacando-se o fornecimento e purificação da água. No entanto, estes ecossistemas, bem como uma elevada percentagem da biodiversidade que lhes está associada são considerados como sendo dos mais ameaçados a nível mundial. Em consequência da perda acelerada da biodiversidade, os serviços ambientais que rios e lagos prestam estão em processo de rápida degradação, colocando em risco as populações humanas que deles dependem. Apesar da sua comprovada importância para a sobrevivência da civilização, o funcionamento de rios e lagos, bem como a biodiversidade associada, ainda são praticamente desconhecidos do público em geral. Esta falta de consciencialização, resultante, em parte da não abordagem destes temas nos processos de educação formal, dificulta, em muito, a implementação de ações que permitam o desenvolvimento de programas de conservação/reabilitação dos ecossistemas aquáticos dulçaquícolas. Assim, os objetivos do presente artigo são: (1) dar a conhecer o funcionamento geral dos rios e lagos e a biodiversidade que neles ocorre; (2) demonstrar que os serviços ambientais que estes ecossistemas prestam dependem da biodiversidade; (3) enunciar formas que permitam tirar o melhor partido destes serviços ambientais no nosso quotidiano (e.g. piscinas e métodos de tratamento da água “amigos do ambiente”); (4) apresentar ideias de como os cidadãos comuns podem contribuir para a conservação destes ecossistemas e dos serviços ambientais que lhes estão associados.

Palavras-chave: Ecossistemas aquáticos dulçaquícolas; biodiversidade; serviços ecossistémicos; uso da água.

INTRODUÇÃO

“Procuramos água noutros planetas, mas não a preservamos no lugar onde vivemos” – É uma frase que convida à reflexão. Apesar da existência da Diretiva Quadro da Água (Diretiva 2000/60/CE de 23 de Outubro, transposta para o direito nacional através da Lei nº 58/2005 de 29 de Dezembro) e de um conjunto de “legislação satélite”, advogando que a qualidade da água depende não só do bom estado físico-químico, mas também do bom estado ecológico dos sistemas aquáticos, estes continuam em degradação acelerada. Assim, para que a qualidade da água seja mantida é necessário preservar os serviços que os ecossistemas aquáticos dulçaquícolas proporcionam. No entanto, apesar da crescente consciencialização da opinião pública para a urgência de conservar os ecossistemas e a biodiversidade que lhes está associada, os sistemas aquáticos continuam a ser dos mais ameaçados do planeta e, o consumo cada vez maior de recursos hídricos, sem quaisquer preocupações ambientais, continua a ser uma constante (Dudgeon et al., 2006; WWF, 2014). Assim, é pertinente e necessária a sensibilização do grande público para a importância vital destes ecossistemas. Qualquer ação neste âmbito deverá contribuir para um maior conhecimento da ecologia e funcionamento destes sistemas, pois só desta forma será possível estabelecer medidas que permitam a sua utilização sustentável. Nesta linha, os objetivos do presente artigo são: (1) dar a conhecer como é que os ecossistemas aquáticos dulçaquícolas funcionam e a biodiversidade que neles ocorre; (2) demonstrar que estes ecossistemas fornecem serviços ambientais muito importantes e que a persistência destes serviços depende da manutenção da biodiversidade; (3) mostrar que é possível resolver problemas ambientais utilizando e promovendo alguns destes serviços e (4)

demonstrar a importância da conservação destes ecossistemas e que atitudes e medidas deverão ser tomadas para promovê-la.

METODOLOGIA

Este artigo consiste numa revisão bibliográfica e na junção de informação que se encontra dispersa por várias fontes.

RESULTADOS

Ecossistemas aquáticos dulçaquícolas: Como funcionam?

Ecossistemas lóticos

São definidos como ecossistemas lóticos todos os ecossistemas aquáticos com corrente (rios, riachos, ribeiros...). Estes sistemas são parte integrante da paisagem, tendo um papel crucial no transporte de energia, sedimentos e organismos. De acordo com Ward (1989), os ecossistemas lóticos têm quatro dimensões (Fig 1A):

- Longitudinal: Os sistemas lóticos caracterizam-se por possuírem um “Continuum” longitudinal desde a nascente até à foz (Vanotte et al., 1980) (Fig. 1B). As nascentes da maior parte dos cursos de água localizam-se em regiões montanhosas. Em consequência do relevo acentuado, os leitos dos cursos de água são muito declivosos e estão encaixados em vales estreitos e profundos. O substrato é constituído por calhaus de grandes dimensões e por cascalho grosseiro. A velocidade da corrente é muito elevada. Este facto aliado às baixas temperaturas faz com que as águas nesta zona sejam, em geral, muito oxigenadas. Devido às suas características físicas, os troços superiores dos cursos de água não apresentam uma grande diversidade de espécies. A inexistência de substrato fino e a elevada velocidade da corrente impedem a instalação de plantas aquáticas. Só nas margens, já fora de água, é que existem arbustos e árvores. Este tipo de vegetação chama-se mata ripícola ou ribeirinha. A folhada proveniente desta mata é a principal fonte de energia para os seres vivos que aqui habitam. Nesta zona o rio é heterotrófico, ou seja, a respiração predomina sobre a fotossíntese. Relativamente à fauna, há a considerar a ocorrência de algumas espécies de invertebrados. São geralmente estádios larvares de insetos e algumas espécies de crustáceos e de moluscos. Estes, em especial as larvas de insetos, além de terem um papel importante nos processos de decomposição da folhada, são uma fonte importante de alimento para os peixes. Nos troços iniciais dos rios quando existem peixes, os salmonídeos, como a truta, são dominantes. Mais para jusante o relevo torna-se mais suave, o rio alarga-se, a velocidade da corrente diminui e ocorre uma maior percentagem de deposição dos sedimentos que o rio transporta. A diminuição da velocidade da corrente e a existência de sedimentos finos permitem a fixação, junto às margens, de plantas aquáticas. Devido à maior penetração do sol há um aumento dos organismos produtores (fitoplâncton e algas filamentosas) e o rio nesta zona intermédia é autotrófico, ou seja, as taxas de fotossíntese são maiores que as taxas de respiração. Nos rios portugueses e ibéricos nestas zonas intermédias vai existir uma grande diversidade de habitats permitindo a existência de uma fauna piscícola diversificada e única (bogas, escalos, barbos...). Finalmente, perto da foz o rio alarga-se ainda mais, mas as águas apresentam uma grande quantidade de sedimentos em suspensão e o rio volta a ser heterotrófico. Quando é criada uma albufeira, devido à construção de uma barragem, ocorre uma quebra deste gradiente, havendo uma interrupção da dinâmica descrita, o que irá implicar alterações profundas nas comunidades de seres vivos ao longo do rio e dos próprios processos de transporte (Fig. 2):

- Lateral: A dimensão lateral dos rios relaciona-se com a interligação destes com a paisagem circundante. Estes ecossistemas dependem do rio. Por exemplo, as inundações fertilizam estes ecossistemas terrestres e também tudo o que se passa nas zonas circundantes ao rio é passível de influenciar a sua integridade ecológica e, consequentemente, a qualidade da água (ver, por exemplo, o que aconteceu aos rios do Parque Nacional de Yellowstone quando o lobo foi reintroduzido (National Geographic Society, s. d.). Também se sabe que muitos dos insetos, cujos estádios larvares são aquáticos, quando adultos têm uma função muito importante nas cadeias alimentares dos ecossistemas terrestres. Os ecossistemas terrestres circundantes aos rios, nomeadamente as planícies de inundação, têm um papel

muito importante, pois funcionam como “esponjas gigantes”, minimizando os efeitos das secas e inundações e purificando a água.

- Vertical: Ao contrário do que se imagina os rios e os aquíferos subterrâneos interagem entre si, sabendo-se ainda muito pouco sobre as dinâmicas destas interações. Há alturas do ano que são os rios que alimentam os aquíferos e noutras passa-se exatamente o contrário.
- Temporal: Estes ecossistemas variam muito ao longo das estações do ano. São altamente dinâmicos.

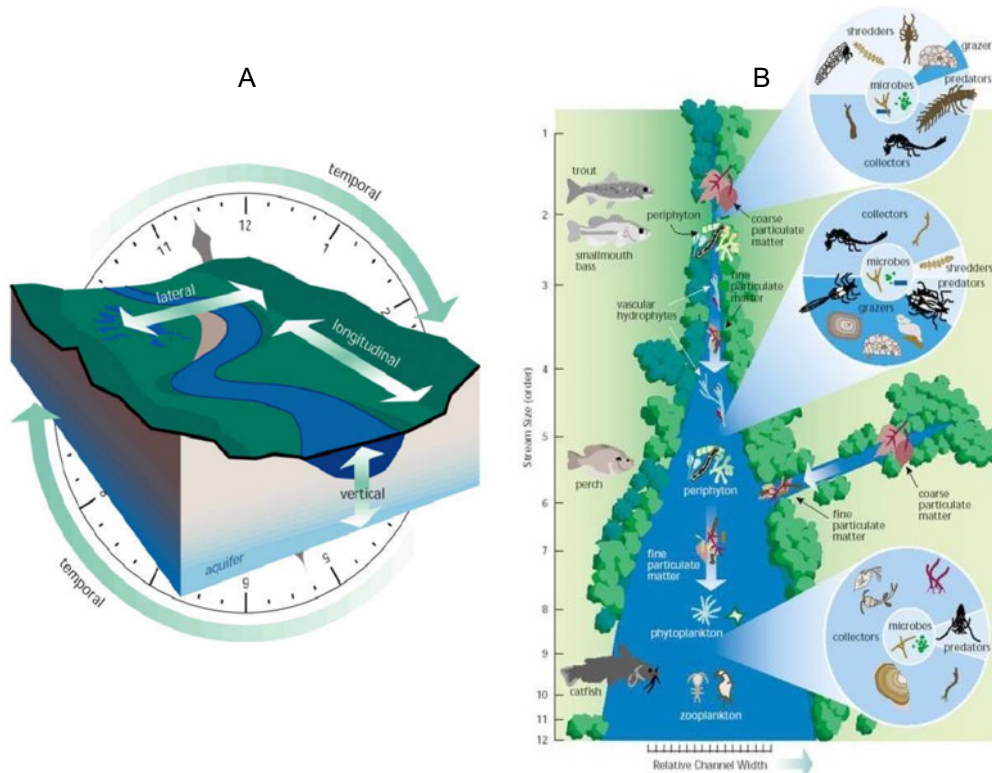


Figura 1. (A) As quatro dimensões dos ecossistemas lóticos (Blue Planet, 2019) e B) Zonação longitudinal de um rio (Vanotte et al, 1980).

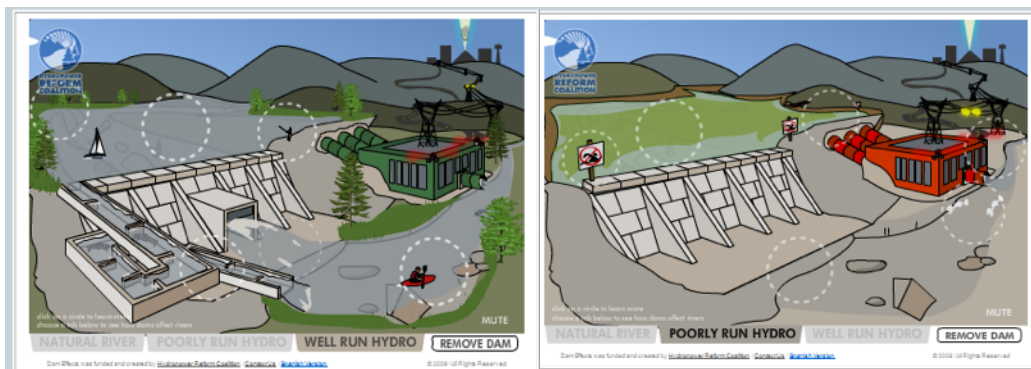


Figura 2. Efeitos da construção de uma barragem no rio (Hydropower Reform Coalition, 2018)

Ecossistemas lênticos

Os ecossistemas lênticos são os sistemas aquáticos com águas paradas (lagos, lagoas, albufeiras...) Num lago ou albufeira é possível considerar duas zonas: a litoral e a pelágica ou limnética. A primeira situa-se mais próximo da margem. Aqui ocorrem plantas aquáticas enraizadas. A segunda é a zona que se estende para lá do litoral desde a superfície até ao fundo. Até onde a luz penetra, podem existir plantas aquáticas flutuantes, mas as algas microscópicas são dominantes. Onde a luz já não penetra (zona afótica) as bactérias, os fungos e outros decompositores tornam-se os grupos dominantes (Fig. 3 A). Nos lagos e albufeiras profundos, localizados nas nossas latitudes, durante todas as estações do ano, com exceção do verão, a

temperatura e as concentrações de oxigénio são praticamente uniformes em toda a coluna de água. Isto deve-se ao facto de os ventos e as correntes de convexão geradas pelo arrefecimento da água durante a noite provocarem a mistura de toda a coluna de água. Mas no Verão, em dias sem vento e de muito calor, as águas superficiais aquecem muito rapidamente, tornam-se menos densas e não se misturam com as águas mais profundas. Consequentemente, nestes lagos e albufeiras formam-se três camadas diferentes que não se misturam entre si. Este fenómeno denomina-se estratificação térmica. O epilimnion é a camada mais superficial, com temperaturas mais elevadas. A intermédia denomina-se metalimnion e a mais profunda é o hipolimnion. Esta última apresenta baixas temperaturas e, no caso de lagos ou albufeiras eutrofizadas, reduzidas concentrações de oxigénio. A quase ausência de oxigénio deve-se à ação dos decompositores que consomem este gás e ao facto de a sua renovação não ocorrer devido às diferentes camadas não se misturarem durante este período. Só no final do Verão é que a estratificação desaparece (Fig. 3B). Este fenómeno condiciona assim, a distribuição dos peixes em profundidade (Wetzel, 1993). Em Portugal, os únicos sistemas lênticos naturais são os pequenos lagos de alta montanha. Os restantes são albufeiras resultantes da criação de barragens nos rios.

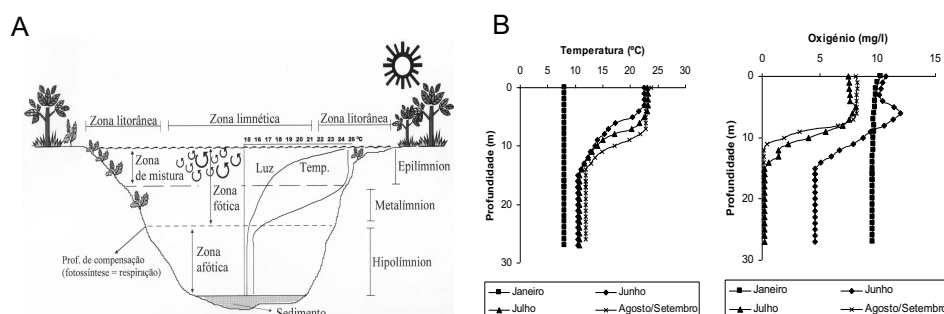


Figura 3. (A) Esquema do funcionamento de um lago (Fernandes et al., 2017); (B) Estratificação térmica e perfis de oxigénio numa albufeira portuguesa (Geraldes e Boavida 2005).

Biodiversidade associada aos sistemas aquáticos dulçaquícolas

Estes ecossistemas apresentam uma grande complexidade e, consequentemente possuem elevada biodiversidade. Todos os reinos estão representados nestes ecossistemas, bactérias, protistas, fungos, plantas e animais. Estes seres vivos têm um papel importante no funcionamento destes ecossistemas, uns promovendo processos de reciclagem de nutrientes, outros a dispersão de sementes e de outros seres vivos, outros a purificação da água. Considerando apenas os vertebrados, é de salientar a grande diversidade piscícola, marcada pela presença de numerosos endemismos ibéricos e portugueses, significando que a Península Ibérica ou Portugal são os únicos locais a nível mundial onde estas espécies ocorrem (Oliveira et al., 2007; ISPA, s. d, SIBIC, 2017). Dos outros grupos de vertebrados associados aos ecossistemas aquáticos destacam-se os anfíbios: das 17 espécies que ocorrem no nosso país, 5 são endemismos ibéricos. Das 30 espécies de répteis terrestres descritas para o nosso país apenas se encontram associadas diretamente aos sistemas aquáticos duas espécies de cobras-de-água, duas espécies de cágados e o lagarto-de-água, sendo este um endemismo ibérico (Loureiro et al., 2008). Relativamente aos mamíferos, é de salientar a lontra e a toupeira-de água (Cabral et al., 2006). Há ainda numerosas espécies de aves que procuram os ambientes ribeirinhos para se alimentarem e reproduzirem.

O que são serviços ecossistémicos?

Os ecossistemas oferecem à humanidade uma vasta gama de benefícios denominados serviços ecossistémicos. De acordo com Millenium Ecosystem Assessment (2005), estes podem ser classificados em (i) serviços de suporte – serviços que induzem a produção de outros serviços (e.g. formação do solo, reciclagem de nutrientes); (ii) serviços de regulação – benefícios obtidos em consequência da ocorrência de mecanismos de regulação dos processos ecossistémicos (e.g. regulação de ciclo da água; purificação da água); (iii) serviços de aprovisionamento – produtos obtidos dos ecossistemas (e.g. alimentos, água, combustíveis) e (iv) serviços culturais - benefícios não materiais (e.g. estímulos espirituais, estéticos, científicos). A continuidade destes

serviços depende da manutenção e conservação da biodiversidade. Na tabela 1 são enumerados os principais serviços ecossistémicos prestados pelos ecossistemas aquáticos dulçaquícolas.

Tabela 1. Serviços ecossistémicos prestados pelos ecossistemas aquáticos dulçaquícolas (Adaptado de Brink et al., 2018)

Serviços provisionais	Serviços reguladores	Serviços económicos e culturais	Serviços de suporte
Fornecimento de água e alimento	Papel importante no ciclo da água	Valor recreacional	Biodiversidade: são habitats extramente importantes para muitas espécies, muitas das quais ameaçadas e importantes para o bom funcionamento destes ecossistemas
Fornecimento de transporte (mercadorias, pessoas)	Purificação da água	Oferta de oportunidades de negócio (e.g. rafting, pesca desportiva, observação da natureza)	Equilibrar o balanço de nutrientes nos solos
Fornecimento de água doce para os mais diversos fins	Mitigação de cheias e secas	Valor espiritual, religioso	Transporte de sedimentos e nutrientes, alimentando zonas aluvionares, deltas e estuários
Fertilização de campos agrícolas; fornecimento de água para rega	Remoção de poluentes e de excesso de nutrientes		Fornecem uma vasta gama de habitats, temperaturas e caudais para peixes migradores
	Deposição de sedimentos nas zonas costeiras, protegendo-as dos avanços do mar e das tempestades		Manutenção das zonas de aluvião e as planícies de inundação
			Provisão de habitats: conexão de diversos ecossistemas (aquáticos e terrestres) bem como de serviços prestados diferentes ecossistemas

Utilizar os serviços fornecidos pelos ecossistemas aquáticos dulçaquícolas em prole da humanidade: Algumas soluções de Engenharia Natural

A purificação da água nos ecossistemas aquáticos dulçaquícolas é realizada em grande parte pelas plantas aquáticas, também designadas por macrófitas aquáticas. As macrófitas contribuem de várias formas para a purificação e depuração da água (Dhote & Dixit 2009). Ao aumentarem o nível de oxigenação da água impedem o desenvolvimento de microrganismos patogénicos, porque estes de um modo geral preferem ambientes anaeróbios, não conseguindo prosperar em sistemas bem oxigenados. Por outro lado, a água ao estar bem oxigenada permite o aumento do zooplâncton. Muitas das espécies que fazem parte do zooplâncton são predadoras de bactérias e de outros microrganismos indesejáveis. A capacidade de remoção de nutrientes, nomeadamente de fósforo e de azoto, por parte das macrófitas, é extremamente importante para

a purificação e manutenção da qualidade da água, evitando a sua eutrofização e contribuindo para a sua purificação. Outros investigadores também observaram que as macrófitas removiam eficientemente vários tipos de poluentes presentes na água (e.g. Ganjo & Khwakaram, 2010; Kiran et al., 2011).

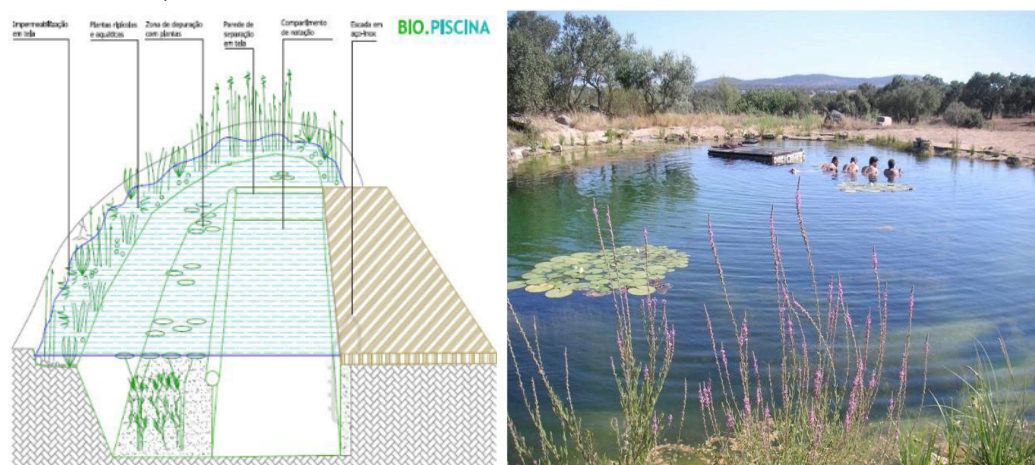


Figura 4. Esquema e exemplo de uma piscina biológica (Geraldtes et al., 2014).

De salientar que as macrófitas não atuam isoladas nos processos de purificação da água. Este processo essencialmente às interações que se estabelecem entre estas plantas e alguns microrganismos (bactérias e fungos), nomeadamente ao nível das raízes, onde se criam condições para o estabelecimento destes microrganismos, estes sim, com capacidades significativas para degradar poluentes e reter nutrientes e sedimentos (Calheiros et al., 2019). As macrófitas também controlam o crescimento excessivo das microalgas e de outras algas filamentosas, quer através da competição pela luz, quer através da libertação para o meio envolvente de compostos alelopáticos que funcionam como algicidas ou algistáticos naturais (Hilt & Gross, 2008). Estes conhecimentos serviram de base para o desenvolvimento de soluções ambientalmente sustentáveis que utilizam estes serviços ecossistémicos. Dois exemplos, são as piscinas biológicas e as fito-ETAR. Uma piscina biológica é um pequeno lago construído que imita e recria os processos ecológicos que ocorrem nos sistemas aquáticos naturais. É constituída por uma zona destinada ao banho e por outra destinada à purificação da água por processos mecânicos e por filtros biológicos de macrófitas e microrganismos que estão nas raízes das plantas (Fig. 4). O processo de purificação da água é semelhante ao que ocorre nos sistemas aquáticos naturais, não havendo necessidade de utilizar os produtos químicos que são utilizados nas piscinas convencionais para o mesmo efeito. Estes pequenos lagos para além do seu interesse para fins recreativos são também repositório de biodiversidade (Geraldtes et al 2014). Por seu turno, as fito- ETAR são estações de tratamento de águas residuais onde são também utilizadas macrófitas e microrganismos associados para purificar a água (Fig. 5). Estas unidades são essencialmente utilizadas em situações onde não existe rede de saneamento ou a instalação de ETARs convencionais é incomportável devido aos elevados custos monetários, de manutenção e ambientais. As fito-ETARs são apropriadas para pequenas unidades hoteleiras, agrícolas e pequenos aglomerados populacionais (Calheiros et al, 2011).



Figura 5. Exemplo de uma fito-ETAR (Calheiros et al., 2011).

Futuro: A conservação dos ecossistemas aquáticos dulçaquícolas passa pela economia circular da água

A conservação dos ecossistemas aquáticos passa pela implementação de políticas e atitudes individuais que promovam o uso eficiente da água nos setores urbano, agrícola e industrial. Apesar das melhorias existentes neste domínio, ainda ocorrem desperdícios na ordem dos 25% no setor urbano, 37,5% no agrícola e 22,5% no industrial. A agricultura é a atividade que consome mais água, cerca de 81% do total de consumo (PNEUA, 2012). Assim, a questão que se coloca é “Como usar a menor quantidade de água possível sem colocar em causa a qualidade de vida das populações, permitindo a conservação dos ecossistemas aquáticos dulçaquícolas e da biodiversidade que lhes está associada?”

Uma vez que a água é um recurso limitado, a sociedade tem que fazer mais com menos. Assim, todos os parceiros- governantes, profissionais das diferentes áreas, gestores, educadores, cidadãos comuns- têm que cooperar para aplicar ao recurso “água” os princípios da economia circular, tornando-se “water – wise users”. Os princípios a aplicar são os da política dos 7Rs: reeducar, repensar, reciclar, recuperar, recusar, reutilizar e reduzir. Considerando as nossas cidades, muito pode ser feito (IWA, 2016): restaurar rios urbanos, tornar as cidades resilientes às cheias e às secas, promovendo, por exemplo, a utilização das coberturas verdes (Fig. 6), alterar comportamentos individuais. Alguns dos comportamentos que nos podem tornar a todos “water –wise users” estão elencados em Gerales & Teixeira (2010). Relativamente às atividades agrícolas, a implementação de técnicas de rega inovadoras e de atividades I & D que proporcionem o desenvolvimento de cultivares altamente produtivas e resistentes à seca, poderão contribuir para uma redução significativa da quantidade de água gasta neste setor.



Figura 6. Exemplo de uma cobertura verde (ANCV, 2019).

CONCLUSÕES

A água é um recurso limitado e num cenário de alterações climáticas todos teremos que fazer mais com menos. Os passos que teremos de seguir, quer sejamos governantes, gestores ou cidadãos comuns, é, em primeiro lugar, combater a iliteracia científica e ambiental que ainda está bem presente nas nossas sociedades. Muitos dos erros cometidos na gestão dos ecossistemas aquáticos dulçaquícolas e excessos praticados no consumo de água resultam da iliteracia ambiental dos decisores. No que diz respeito aos aspetos focados no presente artigo, ainda há muito a fazer, pois estes ecossistemas ainda são praticamente desconhecidos e subvalorizados pelo público em geral. É importante que estas matérias sejam, de alguma forma, abordadas nos diferentes graus de ensino, e também no ensino não formal, de forma a possibilitar a existência de ferramentas que permitam compreender que o uso sustentável da água, nos diferentes setores, é essencial para a conservação de ecossistemas que são cruciais para a sobrevivência da humanidade.

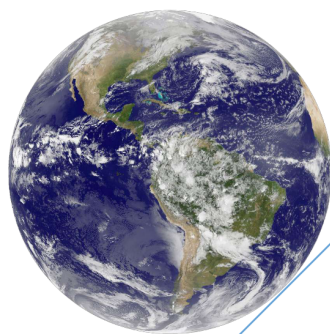
AGRADECIMENTOS

A participação de AMAG neste congresso foi financiada pelo Projeto Reviving Douro Basin (MAVA Fundation/GEOTA).

REFERÊNCIAS

- ANCV (2019). *Associação Nacional de Coberturas Verdes*. Retirado de <https://www.greenroofs.pt/>
- Blue Planet (2019). *Climate Challenge: Factors that affect the river*. Retirado de <http://www.blueplanet.nsw.edu.au/cc--factors-that-affect-the-river/.aspx>
- Brink, K., Gough, P., Royte, J., Schollem, P. P., & Wanningen, H. (2018). *From Sea to Source 2.0. Protection and restoration of fish migration in rivers worldwide*. World Fish Migration Foundation. Retirado de http://kalastajateselts.ee/fail/files_from_sea_to_source_2_0.pdf
- Cabral, M. J. (Ed.) Almeida, J., Almeida, P. R., Dellinger, T., Ferrand de Almeida, N., Oliveira, M. E., Palmeirim, J. M., Queiroz, A. L., Rogado, L., & Santos-Reis M. (2006). *Livro Vermelho dos Vertebrados de Portugal*. Lisboa: Instituto da Conservação da Natureza/Assírio & Alvim.
- Calheiros, C. S. C., Pereira, S. I. A., Franco, A. R., & Castro, P. M. L. (2019). Diverse arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) communities colonize plants inhabiting a constructed wetland for wastewater treatment. *Water*, 11, 1535. doi:10.3390/w11081535
- Calheiros, C. S. C., Santos Silva, R. A. O. C., & Lima, P. M. (2011). Tratamento de águas residuais por meio de Fito-ETAR. Projecto implementado no Paço de Calheiros. *AGROTEC- Revista Científica Agrícola*, 1, 74-75.
- Dhote, S., & Dixit, S. (2009). Water quality improvement through macrophytes—a review. *Environmental Monitoring and Assessment*, 152, 149–153.
- Dudgeon, D., Arthington, A. H., Gessner, M. O., Kawabata, Z., Knowler, D. J., Lévêque, C., & Sullivan, C. A. (2006). Freshwater biodiversity: Importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews*, 81, 163–182.
- Fernandes, L. F., Wosial, A. C., Domingues, L., Pacheco, C. V., & Lagos, P. E. (2017). *Comunidades fitoplanctônicas em ambientes lênticos*. Retirado de <http://aneste.org/introduco-10-caracteristicas-gerais.html>
- Ganjo, D. G. A., & Khwakaram, A. I. (2010). Phytoremediation of Wastewater Using Some of Aquatic Macrophytes as Biological Purifiers for Irrigation Purposes Removal Efficiency and Heavy Metals Fe, Mn, Zn and Cu. *Engineering and Technology*, 42, 552-575.
- Geraldes, A. M. & Boavida, M. J. (2005). Seasonal water level fluctuations: Implications for reservoir limnology and management. *Lakes & Reservoirs: Research & Management*, 10, 59-69.
- Geraldes, A.M. & Teixeira, A. (2010). Linhas de água e galerias ripícolas. In J. C. Azevedo & A. Gonçalves, (Ed.), *Manual de Boas Práticas em Espaços Verdes* (pp. 143-145). Bragança: Câmara Municipal de Bragança.
- Geraldes, A. M. Schwarzer, C. & Schwarzer, U. (2014). Piscinas Biológicas e Serviços Ecosistêmicos: Que Relação? *Captar Ciência e Ambiente para todos*, 5, 27-36.
- Hilt, S. & Gross, E. M. (2008). Can allelopathically active submerged macrophytes stabilize clear – water states in shallow lakes? *Basic and Applied Ecology*, 9, 422 - 432.
- Hydropower Reform Coalition (2018). *Dam effects*. Retirado de <https://www.dameffects.org/>
- ISPA (s. d.) *Projeto Peixes de água doce nativos*. Retirado de <http://peixesnativos.pt/index.html>
- IWA (2016). *Water utility pathways in a circular economy*. International Water Association. Retirado de <https://tinyurl.com/uo5hew4>
- Kiran, A., Kumar, P., Chiranjeevi, G., Mohanakrishna, S. & Venkata Mohan. B. (2011). Natural attenuation of endocrine-disrupting estrogens in an ecologically engineered treatment system (EETS) designed with floating, submerged and emergent macrophytes. *Ecological Engineering*, 37, 1555– 1562.
- Loureiro, A., Ferrand de Almeida, N., Carretero, M. A. & Paulo, O. S. (2008.) *Atlas dos Anfíbios e Répteis de Portugal*. Lisboa: Instituto da Conservação da Natureza e da Biodiversidade. Retirado de <http://www.icnf.pt/portal/naturaclas/patrinatur/atlas-anfi-rept>

- National Geographic Society (s.d.) *Grey wolves reintroduced into Yellowstone* (filme). Retirado de <https://www.nationalgeographic.org/media/wolves-yellowstone/>
- Millenium Ecosystem Assessment (MEA) (2005). *Ecosystems and human well-being: Synthesis*. Washington, DC: Island Press.
- Oliveira, J. M. (Ed.), Santos, J. M., Teixeira, A., Ferreira, M. T., Pinheiro, P. J., Geraldês, A. M., & Bochechas, J. (2007). *Projecto AQUARIPORT: Programa nacional de monitorização de recursos piscícolas e de avaliação da qualidade ecológica de rios*. Lisboa: Direção Geral de Recursos Florestais.
- PNEUA (2012). *Programa Nacional para o uso eficiente da água. Implementação 2012-2020*. APA. Retirado de <https://tinyurl.com/w8pae9s>
- SIBIC (2017). *Carta Piscícola Española*. Publicación electrónica (versión 02/2017). Retirado de <http://www.cartapiscicola.es/#/home>
- Vannote, R. L., Minshall, G. W., Cummins, K. W., Sedell, J.R. & Cushing, C. E. (1980). The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 37, 130-137.
- Ward, J.N. (1989). The four-dimensional nature of lotic ecosystem. *Journal of the North American Benthological Society*, 8, 2-8.
- Wetzel, R.G. (1993). *Limnologia*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- McLellan, R. (Ed.) (2014). *Living planet report 2014*. Gland: World Wide Fund for Nature.



XVIII ENEC | III ISSE



U. PORTO
FC FACULDADE DE CIÊNCIAS
UNIVERSIDADE DO PORTO

UNIDADE DE ENSINO
DAS CIÊNCIAS

APEduC



ISBN 978-989-746-201-6

DOI 10.24840/978-989-746-201-6