



CAPTAR
ciência e ambiente para todos

volume 12 • 2023 • art. 3

Aquário de fragmentadores – um recurso para explorar a ecologia dos ribeiros de floresta

Os ribeiros constituem a maioria dos cursos de água numa bacia hidrográfica. Nos ribeiros de floresta, os detritos vegetais produzidos pela vegetação circundante suportam grande parte da vida aquática, já que a produção primária é limitada pelo ensombramento. Os invertebrados fragmentadores têm um papel fundamental na decomposição destes detritos, no ciclo de nutrientes, e servem como ligação a outros níveis da cadeia alimentar. Nos ribeiros do centro e norte de Portugal, estes invertebrados fragmentadores são muito frequentemente larvas de insetos da ordem Trichoptera ('tricópteros'). Estes organismos são insetos aquáticos com o ciclo de vida sincronizado com a queda de folhada outonal e cuja fase larvar constrói casulos minerais ou orgânicos. As larvas alimentam-se de detritos vegetais e são fáceis de manter em aquário. Este artigo propõe a montagem de um aquário com diferentes invertebrados fragmentadores comuns em Portugal, de modo a permitir explorar o seu papel no processo de decomposição de detritos vegetais, algumas fases do seu ciclo de vida, a sua morfologia e taxonomia.

Palavras-chave

ciclo de vida
ciclo de carbono
decomposição de detritos vegetais
insetos aquáticos
reciclagem de nutrientes
tricópteros

Guilherme Barreto*

Verónica Ferreira

MARE – Centro de Ciências do Mar e do Ambiente, ARNET – Rede de Investigação Aquática, Departamento de Ciências da Vida, Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal

*guilherme.barreto@live.com.pt

ISSN 1647-323X

Artigo em acesso aberto sob [licença CC-BY](#)

© 2023 Autores

INTRODUÇÃO

Ribeiros de floresta

Numa bacia hidrográfica, os ribeiros constituem a maioria dos cursos de água; representam mais de 70% e 75% do comprimento total dos cursos de água a nível europeu e global, respetivamente (Ferreira et al., 2023). Muitos destes ribeiros fluem por áreas florestadas, existindo uma forte ligação entre estes cursos de água e a vegetação circundante (vegetação ripária) (Ferreira, 2022). A estrutura (i.e., idade dos indivíduos presentes, tipo de estrato vegetal) e a composição (identidade e número de espécies) da vegetação ripária determinam grandemente as características dos ribeiros (Ferreira, 2022).

Os ribeiros de floresta encontram-se geralmente ensombrados pela vegetação. Este ensombramento limita a quantidade de radiação solar que atinge o leito, o que limita o crescimento de produtores primários como as algas e as plantas aquáticas (Ferreira et al., 2019). Simultaneamente, a vegetação ripária produz grandes quantidades de detritos vegetais (i.e., folhas, flores, frutos e materiais lenhosos), que chegam ao ribeiro diretamente após caírem das árvores (via vertical), ou após terem caído no solo e serem levados para a água pelo vento ou arrastados durante as chuvadas (via lateral) (Ferreira et al., 2019) (Figura 1A).



Os detritos vegetais que entram nos ribeiros são então incorporados na cadeia alimentar aquática por microrganismos e invertebrados; os invertebrados são depois consumidos por predadores (por exemplo, outros invertebrados como as ninfas de libélula, peixes, aves) (Cummins & Klug, 1979) (Figura 2). As cadeias alimentares que se baseiam em detritos vegetais denominam-se de ‘cadeias alimentares heterotróficas’ (ou ‘castanhas’) (Ferreira, 2022).

Decomposição de detritos vegetais

Na água, os detritos vegetais libertam grandes quantidades de compostos solúveis como açúcares simples e fenóis, estes últimos com conhecida atividade antimicrobiana, principalmente nos primeiros dias de imersão – um processo designado de ‘lixiviação’ (Ferreira et al., 2019) (Figura 2). Lixiviação é também o que ocorre

quando fazemos um chá ou uma infusão e obtemos uma solução com cor. Os compostos solúveis são transportados pela corrente para rios de maiores dimensões onde são usados por microrganismos decompositores (fungos e bactérias) e produtores primários (algas e plantas aquáticas) (Vannote et al., 1980).

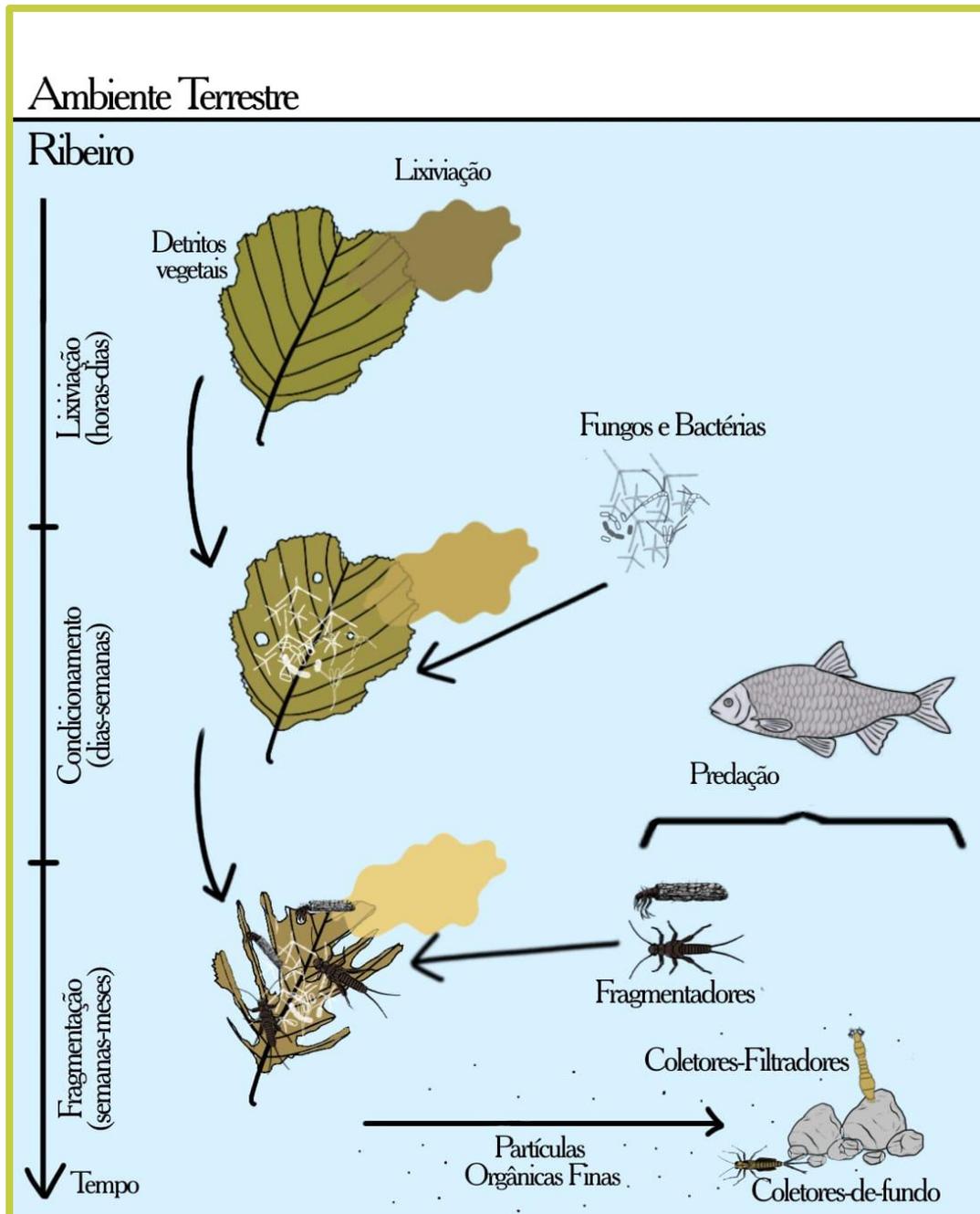


FIGURA 2. Representação esquemática da decomposição de detritos vegetais em rios com indicação das suas diferentes fases e durações: Lixiviação representada por manchas de compostos solúveis a dissiparem-se na água (maior quantidade no início do processo indicada pela cor mais escura); Condicionamento microbiano por fungos e bactérias; Fragmentação dos detritos vegetais por invertebrados fragmentadores. As partículas orgânicas finas libertadas durante a decomposição dos detritos vegetais são usadas por invertebrados coletores. Por se alimentarem de partículas orgânicas, os invertebrados fragmentadores e os invertebrados coletores são designados de detritívoros.

Pouco depois de entrarem na água, mas principalmente após o período mais intenso de lixiviação (24–48 h), os detritos vegetais são colonizados por microrganismos decompositores (Figura 2). Estes microrganismos libertam enzimas que transformam os compostos complexos em compostos simples e passíveis de serem assimilados (Bastias et al., 2018). Simultaneamente, as acumulações de biomassa microbiana nos detritos vegetais tornam-nos mais nutritivos para os invertebrados (Graça & Cressa, 2010). A colonização dos detritos vegetais pelos microrganismos decompositores, e as alterações que estes lhes provocam, designa-se de ‘condicionamento microbiano’ (Graça et al., 2001) (Figura 2). Podemos pensar no condicionamento microbiano como na manteiga que se barra sobre uma tosta para a tornar mais nutritiva e apetecível. No auge do condicionamento microbiano as folhas ficam escorregadias ao toque.

Os invertebrados que se alimentam diretamente de detritos vegetais grosseiros (com tamanho superior a 1 mm) são chamados de ‘fragmentadores’ e incluem, por exemplo, as fases imaturas de alguns insetos (Marks, 2019) (Figura 1B). Ao alimentarem-se dos detritos vegetais condicionados pelos microrganismos, os invertebrados fragmentadores incorporam na cadeia alimentar o carbono e os nutrientes contidos nestes detritos (Figura 2).

A atividade dos microrganismos decompositores que deixam os detritos vegetais mais frágeis, dos invertebrados fragmentadores que promovem a libertação de fragmentos vegetais e produzem fezes, e a fragmentação física pela ação abrasiva da corrente e dos sedimentos, provocam a libertação de partículas orgânicas finas que são usadas pelos invertebrados coletores (i.e., invertebrados que recolhem partículas finas da coluna de água – coletores-filtradores – ou do sedimento – coletores-de-fundo), localmente e a jusante (Cummins & Klug, 1979; Marks, 2019) (Figura 2).

Estes processos (lixiviação, condicionamento microbiano e fragmentação biológica e física) levam os detritos vegetais a perderem massa (carbono e nutrientes que são usados por diferentes organismos) ao longo do tempo. O conjunto destes processos designa-se de ‘decomposição’ (Figura 2).

A velocidade a que os detritos vegetais são decompostos depende de vários fatores. Naturalmente, as características físicas e químicas dos detritos vegetais estão entre os fatores mais importantes que vão afetar a velocidade a que decorre a sua decomposição. Entre as características físicas mais importantes estão a dureza (quanto maior a dureza do detrito, mais lenta é a sua decomposição) e entre as características químicas mais importantes estão a concentração de nutrientes (quanto maior a concentração de nutrientes do detrito, mais rápida é a sua decomposição) e de compostos tóxicos como os fenóis e os óleos essenciais (quanto maior a concentração de compostos tóxicos do detrito, mais lenta é a sua decomposição) (Ostrowsky, 1997). Por exemplo, folhas mais moles e ricas em nutrientes, como as folhas de amieiro, são colonizadas mais rapidamente pelos microrganismos decompositores e preferidas pelos invertebrados fragmentadores quando comparadas com folhas mais duras e pobres em nutrientes, como as folhas de carvalho, ou folhas com maior concentração de compostos tóxicos, como as folhas de eucalipto (Canhoto & Graça, 1996) (Figura 3).



FIGURA 3. Folhas de amieiro (arredondadas e de cor castanho-escuro) e de carvalho (de margens lobadas e de cor castanho-claro) A) antes e B) depois de expostas num aquário de invertebrados fragmentadores (tricópteros) por 7 dias. As folhas de amieiro, moles e com maior concentração de nutrientes, foram mais consumidas do que folhas de carvalho, mais duras e com menor concentração de nutrientes.

Invertebrados fragmentadores

Em climas temperados, os invertebrados fragmentadores, sendo maioritariamente insetos, têm o ciclo de vida sincronizado com a queda de folhagem outonal de modo que os juvenis crescem alimentando-se dos detritos vegetais durante o outono-inverno até emergirem como adultos alados na primavera (Vieira Lanero, 2000) (Figuras 4 e 5). Os invertebrados fragmentadores são componentes importantes das comunidades aquáticas em ribeiros de floresta onde desempenham um importante papel na decomposição de detritos vegetais e nos ciclos dos nutrientes, e servem de ligação a níveis mais elevados da cadeia alimentar (por exemplo, predação por peixes) (Tachet et al., 2010; Marks, 2019).

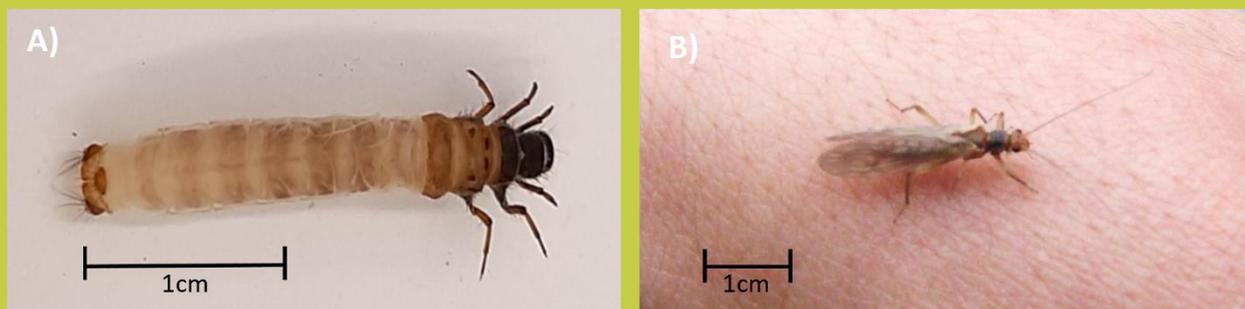


FIGURA 4. A) Larva (família Limnephilidae) e B) adulto de tricóptero. Em ambas as imagens, é possível observar algumas das características dos insetos e da ordem Trichoptera: A) Corpo dividido em cabeça, tórax (3 segmentos) e abdómen (9 segmentos) e 3 pares de patas no tórax (1 par por cada segmento); B) 1 par de asas dispostas em forma de 'telhado', 3 pares de patas no tórax, 1 par de olhos compostos e 1 par de antenas longas.

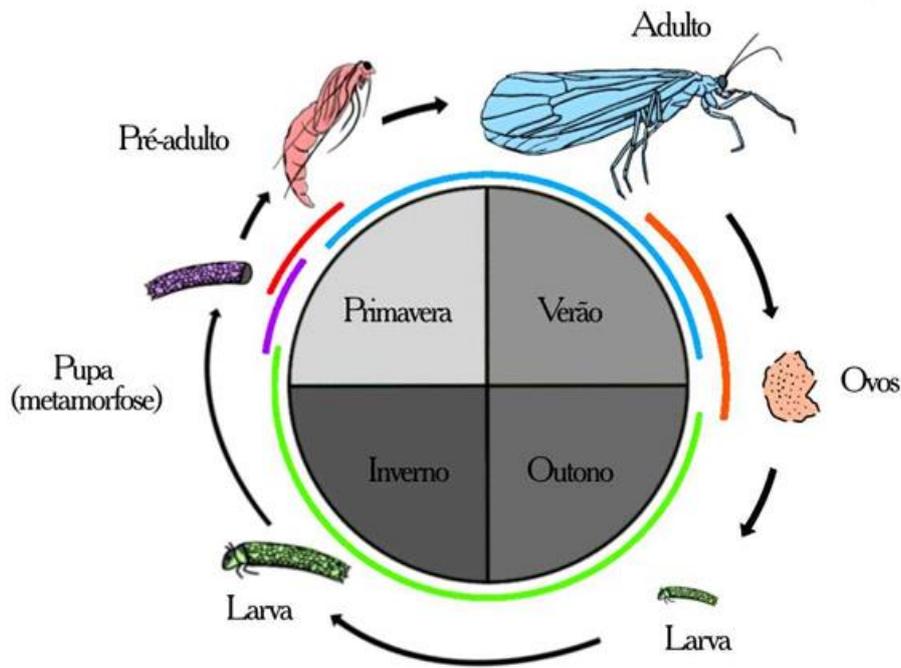


FIGURA 5. Ciclo de vida de tricópteros em clima temperado. Este é um ciclo de vida holometabólico já que consiste em 4 fases: ovo, larva, pupa e adulto, e contempla uma metamorfose completa.

Entre os invertebrados fragmentadores mais comuns em ribeiros de floresta estão as larvas das famílias Calamoceratidae, Lepidostomatidae, Limnephilidae e Sericostomatidae (classe Insecta, ordem Trichoptera), conjuntamente designadas de ‘tricópteros’ (Vieira Lanero, 2000) (Tabela I). Estas larvas constroem casulos tubulares com diferentes materiais, dependendo da família a que pertencem, que têm um papel fundamental na sua camuflagem ao confundir os organismos com o ambiente onde passam o dia (por exemplo, as areias ou as acumulações de detritos vegetais), e na proteção contra predadores ao tornar os organismos difíceis de ingerir (Vieira Lanero, 2000) (Tabela II, Figura 6). A presença de casulos torna os tricópteros fáceis de manusear em contexto laboratorial.

TABELA I. Classificação taxonómica dos invertebrados fragmentadores (tricópteros) usados no aquário. Estas famílias foram selecionadas pela facilidade de recolha, manuseamento e manutenção em aquário; as espécies identificadas são as mais comuns em ribeiros do centro de Portugal.

Classificação taxonómica				
Domínio	Eukarya			
Reino	Animalia			
Filo	Arthropoda			
Classe	Insecta			
Ordem	Trichoptera			
Família	Calamoceratidae	Lepidostomatidae	Limnephilidae	Sericostomatidae
Género	<i>Calamoceras</i>	<i>Lepidostoma</i>	<i>Limnephilidae</i>	<i>Sericostoma</i>
Espécie	<i>Calamoceras marsupus</i>	<i>Lepidostoma hirtum</i>	Várias espécies	<i>Sericostoma vittatum</i>

TABELA II. Características dos casulos das quatro famílias de tricópteros usadas no aquário.

Família	Material do casulo	Forma e aspeto do casulo	Tamanho	Casulo
Calamoceratidae	Pedaços de madeira e galhos	Tubular cilíndrico, de aspeto grosseiro podendo apresentar galhos espetados	Geralmente até 3,2 cm	
Lepidostomatidae	Pedaços de folhas	Tubular, prisma quadrangular, de superfície relativamente lisa	Geralmente até 1,2 cm	
Limnephilidae	Areias grossas, detritos vegetais ou ambos	Tubular cilíndrico, de aspeto irregular	Geralmente até 2 cm	
Sericostomatidae	Areias finas	Tubular cilíndrico, com superfície relativamente lisa, com a abertura posterior mais larga que a anterior, ligeiramente curvado	Geralmente até 1,8 cm	



Nesta atividade propomos a construção de um pequeno aquário com diversos invertebrados fragmentadores (tricópteros), a fim de permitir um maior entendimento sobre a sua ecologia e sobre o papel que estes organismos têm na decomposição de detritos vegetais e logo na ecologia dos ribeiros de floresta (Figuras 2 e 3). Simultaneamente, os tricópteros podem ser usados como exemplo no contexto de temas como a taxonomia (Tabela I), a morfologia (Figura 4), os ciclos de vida dos insetos (Figura 5), e a camuflagem (Tabela II, Figura 6).

MATERIAL E MÉTODOS

1ª Fase – Saída de campo para recolha de larvas, detritos vegetais e sedimentos

MATERIAL E EQUIPAMENTO DE CAMPO:

- Balde
- Botas de borracha / Perneiras de pesca
- Caderno e caneta para anotações
- Caixas de plástico com tampa
- Coadores
- Mala térmica e placas de gelo
- Máquina fotográfica
- Pá de mão ou colher grande
- Pinças
- Tabuleiros de plástico

PROCEDIMENTO PARA RECOLHA DE LARVAS, DETRITOS VEGETAIS E SEDIMENTOS:

As larvas de tricóptero podem ser encontradas nos ribeiros entre o final do verão/início do outono (ainda pequenas) e a primavera/início do verão (já com tamanhos próximos do máximo para cada família; Tabela II, Figura 5). O momento da recolha das larvas de tricóptero deve ter em conta os objetivos do aquário: a recolha de organismos mais pequenos deve ser privilegiada caso se pretenda montar um aquário de longa duração (alguns meses) enquanto a recolha de organismos maiores deve ser feita caso se pretenda um aquário de curta duração (alguns dias ou semanas). Também as condições do ribeiro influenciam o momento da recolha das larvas de tricóptero, que deve ser feita quando o caudal está relativamente baixo e a água está límpida para garantir a segurança e o sucesso da visita ao ribeiro.

1. Escolher um ribeiro ensombrado por vegetação e com acumulações de detritos vegetais. Dentro do ribeiro, identificar as zonas com sedimentos arenosos e com acumulações de detritos vegetais em locais pouco profundos e com velocidade de corrente baixa (Figura 7).

2. Registrar fotograficamente e no caderno as características do local (útil para a realização de relatórios ou apresentações sobre a atividade).



FIGURA 7. Locais aconselhados a recolha de larvas de tricóptero num ribeiro: acumulações de detritos vegetais e zonas arenosas.

3. Dentro do ribeiro, usar o coador para recolher algum sedimento ou folhas e raminhos das acumulações de detritos (sem causar demasiada perturbação para evitar o arrastamento dos organismos pela corrente) e transferi-los para o tabuleiro com água para facilitar a observação e recolha das larvas (Tabela II). Transferir as larvas para a caixa de plástico com água para transporte. O número de larvas a recolher dependerá de fatores como a dimensão do aquário; recomendamos a recolha de larvas de famílias diferentes (Tabela II), totalizando cerca de 15 a 20 indivíduos para um aquário com $17 \times 12,5$ cm de base e cerca de 2 L de água (Figura 8).

4. Recolher também folhas que não estejam em estados avançados de decomposição para oferecer de alimento aos invertebrados fragmentadores. As folhas podem ser recolhidas do leito do ribeiro e posteriormente congeladas até serem necessárias ou podem ser recolhidas nas margens do ribeiro (ou num parque ou jardim) e mantidas secas até serem necessárias. Os invertebrados fragmentadores preferem alimentar-se de folhas que tenham passado pelos processos de lixiviação e de condicionamento microbiano (importantes principalmente no caso de folhas duras e com altas concentrações de compostos tóxicos) (Figura 2), mas não terão dificuldade em alimentar-se de folhas recolhidas do solo ou de árvores caso sejam moles e ricas em nutrientes (por exemplo, folhas de amieiro). Aconselha-se a que sejam recolhidas folhas provenientes de diferentes espécies (por exemplo, carvalho, castanheiro, amieiro, salgueiro, choupo) para permitir observar possíveis diferenças no seu consumo por parte dos invertebrados fragmentadores (fragmentação biológica; Figura 3), e que seja recolhida quantidade suficiente para alimentar as larvas durante o tempo em que permanecerem no aquário.

5. Usando o coador, recolher sedimentos como areias e pequenas pedras (dimensões até 5 cm), lavando de modo a eliminar sedimentos mais finos, e transferir para o balde. Estes sedimentos serão usados para cobrir o fundo do aquário. Recolher também galhos e pequenos paus que se encontrem no ribeiro para aumentar a diversidade de elementos no aquário.

2ª Fase – Montagem e manutenção do aquário

MATERIAL E EQUIPAMENTO DE LABORATÓRIO:

- Água (pode ser de torneira)
- Aquário (por exemplo, $17 \times 12,5$ cm de base)
- Bomba de ar
- Coador
- Larvas de tricóptero
- Máquina fotográfica
- Mola de roupa
- Pedra difusora
- Pinças
- Sedimentos e folhas
- Tubos de borracha (4–6 mm de diâmetro, dependendo da bomba de ar disponível)

PROCEDIMENTO PARA RECOLHA DE LARVAS, DETRITOS VEGETAIS E SEDIMENTOS:

1. Colocar os sedimentos (areias e pequenas pedras) lavados no fundo do aquário, adicionar os detritos vegetais como ramos e folhas (pode ser necessário colocar pequenas pedras sobre as pontas das folhas caso tendam a flutuar), e encher com água até $2/3$ do volume total do aquário (Figura 8).

2. Colocar as larvas no aquário; as larvas de diferentes famílias têm diferentes preferências de habitat durante o dia pelo que algumas vão enterrar-se na areia (deslocando-se para se alimentarem das folhas durante a noite), enquanto outras vão agarrar-se a folhas e ramos (Figura 6).

3. Garantir a oxigenação da água usando uma bomba de ar ligada a uma pedra difusora por um tubo de borracha; colocar a pedra difusora dentro de água perto da superfície, prendendo o tubo ao aquário com uma mola se necessário (Figura 8).

4. O aquário deve ser mantido num local que simule o ciclo de luminosidade diário, mas sem exposição direta ao sol (notar que nos ribeiros ensombrados a luminosidade é reduzida). A temperatura pode ser próxima da temperatura ambiente, mas é de evitar que a água atinja temperaturas superiores a 18°C pois temperaturas elevadas podem levar as larvas a iniciar a metamorfose precocemente ou pode mesmo causar a sua morte (notar que nos ribeiros de floresta a água é geralmente fresca).

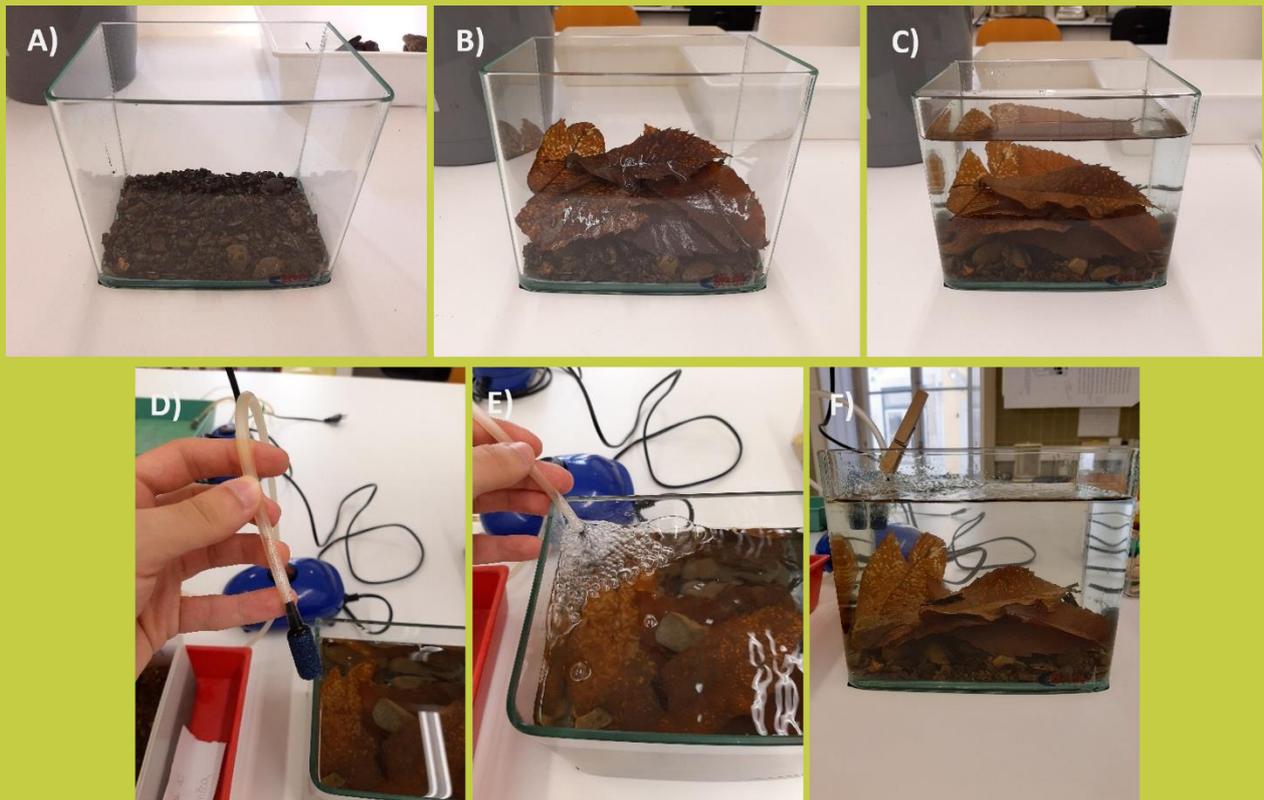


FIGURA 8. Montagem de aquário de invertebrados fragmentadores (tricópteros): A) Adição de sedimentos; B) Adição de folhas e ramos; C) Adição de água e larvas de tricóptero; D) Pedra difusora conectada a bomba de ar; E) Colocação de arejamento; F) Aquário montado.

PROCEDIMENTO PARA MANUTENÇÃO DO AQUÁRIO:

A exposição das folhas no aquário levará à lixiviação de compostos para a água o que lhe dará um aspeto acastanhado (Figura 9) e a atividade das larvas sobre os detritos vegetais levará à libertação de partículas finas (por exemplo, fezes) (Figura 10), o que fará com que a qualidade da água se deteriore ao longo do tempo uma vez que o aquário é um sistema fechado (ao contrário do ribeiro onde a corrente transporta os produtos da lixiviação e as partículas finas para jusante). O consumo das folhas pelas larvas levará também a que a quantidade de folhagem diminua (Figura 3). Assim, é importante trocar a água e certificar que há alimento suficiente para as larvas.



FIGURA 9. Aquário de invertebrados fragmentadores (tricópteros) após uma troca de água (água límpida) e após 7 dias (água de aspeto acastanhado), onde é possível observar a alteração na coloração da água em resultado da lixiviação das folhas.

1. Trocar a água pelo menos uma vez por semana, ou quando apresentar uma coloração acastanhada. Para trocar a água do aquário, retirar os ramos, as folhas e os animais com uma pinça para um tabuleiro com água, e despejar a água do aquário. Recomenda-se que haja um coador para filtrar a água despejada pois algumas larvas podem ter ficado no aquário devido à sua capacidade de camuflagem (Figura 6). Lavar o sedimento e as paredes do aquário para remoção das partículas finas com várias trocas de água até que a água não tenha mais partículas em suspensão.

2. Montar novamente o aquário e colocar novas folhas caso necessário. As folhas devem estar maleáveis e húmidas quando se colocam no aquário (para evitar que flutuem e fiquem inacessíveis aos organismos). Assim, caso se use folhas previamente congeladas, estas devem ser colocadas em água até descongelarem antes de serem adicionadas ao aquário. Caso se usem folhas secas, estas devem ser deixadas dentro de um recipiente com água (pode ser da torneira) durante pelo menos 24 horas para libertarem a maioria dos compostos solúveis e ficarem maleáveis e húmidas.



FIGURA 10. Água recolhida de um aquário de invertebrados fragmentadores (tricópteros) após cerca de uma semana onde é possível observar partículas finas de matéria orgânica em suspensão resultantes da fragmentação biótica e produção de fezes por parte dos invertebrados.

Oportunidades de observação do aquário

Esta atividade permite que sejam observadas diversas fases do processo de decomposição, como a lixiviação que se traduz na mudança de cor de água (Figura 9), e a fragmentação biológica que se traduz no consumo das folhas (Figura 3) e na libertação de partículas finas, particularmente visíveis aquando da troca de água

do aquário (Figura 10). A utilização de folhas de diferentes espécies permitirá perceber quais as preferências de consumo pelas larvas de tricóptero (Figura 3).

Os organismos podem ser retirados do aquário a qualquer momento para possibilitar a observação de características morfológicas (Figura 4) e dos casulos (Tabela II), para exploração da sua capacidade de camuflagem em diferentes meios (Figura 6), etc.

Caso o aquário seja mantido até à primavera, será possível observar algumas alterações nos organismos e no seu comportamento. As larvas fecham os casulos para dar início ao processo de metamorfose; as pupas não se alimentam e não produzem fezes o que diminui as necessidades de manutenção do aquário. Após a metamorfose, o indivíduo pré-adulto emerge do casulo e nada até à superfície onde sofre uma última muda; o exoesqueleto libertado (exúvia) geralmente flutua (Figura 11). Para evitar que o pré-adulto se afogue, é necessário que existam raminhos com porções emersas para onde possa trepar e onde possa esperar que o exoesqueleto endureça e as asas estiquem. Para evitar a fuga dos adultos alados, recomenda-se a cobertura do aquário com uma cúpula de tule onde os adultos possam poisar. Em contexto laboratorial não é possível garantir a sobrevivência dos adultos, uma vez que se alimentam de néctar. Assim é recomendado que os tricópteros sejam devolvidos ao ribeiro de origem antes ou durante o processo de metamorfose (os casulos fechados devem ser mantidos sempre submersos, manuseados com cuidado e depositados em zonas abrigadas e com baixa corrente); os adultos devem ser libertados próximo do ribeiro para aumentar a probabilidade de encontrarem outros adultos e acasalarem.



FIGURA 11. Exoesqueleto (exúvia) de tricóptero libertado pelo pré-adulto após emergir da água.

Os ribeiros são hotspots de biodiversidade e são ecossistemas cruciais nos ciclos da água, do carbono e dos nutrientes (Ferreira et al., 2019). Os ribeiros proporcionam também diversos serviços de ecossistema às populações humanas. Por exemplo, os ribeiros são importantes fontes de água e de alimento, ajudam a regular a temperatura local, dispõem de valiosos recursos genéticos e de biodiversidade, e oferecem locais de lazer (Ferreira et al., 2023). No entanto, as alterações do clima e as atividades humanas, como por exemplo a agricultura e a urbanização, ameaçam a biodiversidade e funcionamento dos ribeiros, e conseqüentemente a sua capacidade para prestar serviços de ecossistema às populações humanas (Dudgeon, 2006; Ferreira et al., 2023). É por isso importante aumentar a literacia da sociedade sobre estes ecossistemas, com vista a promover a sua proteção e restauro. Sendo a sala de aula um local privilegiado para levar a cabo atividades que visem aumentar a literacia sobre o mundo natural, o aquário de fragmentadores pode ser usado como recurso educativo para abordar diferentes temáticas em biologia de uma forma apelativa e interativa enquanto desperta a atenção dos alunos para os ribeiros, a sua biodiversidade e funcionamento, elementos ainda pouco presentes nos exemplos curriculares.

agradecimentos • Este trabalho foi financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) através dos projetos estratégicos UIDP/04292/2020 e UIDB/04292/2020 concedidos ao MARE e LA/P/0069/2020 concedido ao Laboratório Associado ARNET. VF foi financeiramente suportada pela FCT (CEECIND/02484/2018).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bastias, E., Ribot, M., Romaní, A. M., Mora-Gómez, J., Sabater, F., López, P., & Martí, E. (2018). Responses of microbially driven leaf litter decomposition to stream nutrients depend on litter quality. *Hydrobiologia*, 806(1), 333–346.
- Canhoto, C., & Graça, M. A. S. (1996). Decomposition of *Eucalyptus globulus* leaves and three native leaf species (*Alnus glutinosa*, *Castanea sativa* and *Quercus faginea*) in a Portuguese low order stream. *Hydrobiologia*, 333, 79–85.
- Cummins, K. W., & Klug, M. J. (1979). Feeding ecology of stream invertebrates. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 10(1), 147–172.
- Dudgeon, D., Arthington, A. H., Gessner, M. O., Kawabata, Z.-I., Knowler, D. J., Lévêque, C., Naiman, R. J., Prieur-Richard, A.-H., Soto, D., Stiassny, M. L. J., & Sullivan, C. A. (2006). Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews*, 81(2), 163–182.
- Ferreira, V. (2022). A floresta ripária. *Revista de Ciência Elementar*, 10(2), 23.
- Ferreira, V., Canhoto, C., Pascoal, C., & Graça, M. A. S. (2019). Processos ecológicos e serviços. In: M. J. Feio, V. Ferreira (eds), *Rios de Portugal: comunidades, processos e alterações*. Imprensa da Universidade de Coimbra, Coimbra, pp. 281–312.
- Ferreira, V., Albariño, R., Larrañaga, A., LeRoy, C. J., Masese, F. O., & Moretti, M. S. (2023). Ecosystem services provided by small streams: an overview. *Hydrobiologia*, 850, 2501–2535.
- Graça, M. A. S., & Cressa, C. (2010). Leaf quality of some tropical and temperate tree species as food resource for stream shredders. *International Review of Hydrobiology*, 95(1), 27–41.
- Graça, M. A. S., Cressa, C., Gessner, M. O., Feio, M. J., Callies, K. A., & Barrios, C. (2001). Food quality, feeding preferences, survival and growth of shredders from temperate and tropical streams. *Freshwater Biology*, 46(7), 947–957.
- Marks, J. C. (2019). Revisiting the fates of dead leaves that fall into streams. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 50, 24.1–24.22.
- Ostrofsky, M. L. (1997). Relationship between chemical characteristics of autumn-shed leaves and aquatic processing. *Journal of the North American Benthological Society*, 16(4), 750–759.
- Tachet, H., Richoux, P., Bournaud, M., & Usseglio-Polatera, P. (2010). *Invertébrés d'eau douce: systématique, biologie, écologie*. CNRS Éditions, Paris, 607 pp.
- 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(1), 130–137.
- Vieira Lanero, R. (2000). *Las larvas de los tricópteros de Galicia (Insecta Trichoptera)*. Tese de Doutoramento, Universidade de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, 611 pp.