

— Relações hospedeiro- parasita

CITAÇÃO

Machado, C.& Castro, B. (2019)
Relações hospedeiro-parasita,
Rev. Ciência Elem., V7(04):076.
doi.org/10.24927/rce2019.076

EDITOR

José Ferreira Gomes,
Universidade do Porto

RECEBIDO EM

08 de setembro de 2019

ACEITE EM

08 de outubro de 2019

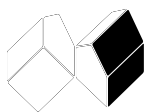
PUBLICADO EM

17 de dezembro de 2019

COPYRIGHT

© Casa das Ciências 2019.
Este artigo é de acesso livre,
distribuído sob licença Creative
Commons com a designação
[CC-BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/), que permite
a utilização e a partilha para fins
não comerciais, desde que citado
o autor e a fonte original do artigo.

rce.casadasciencias.org



Cláudia Machado †, Bruno B. Castro * ‡

‡ CBMA/ IB-S/ Universidade do Minho

* brunocastro@bio.uminho.pt

Num ecossistema, é possível encontrar diversas relações entre os seres vivos aí presentes, incluindo relações em que um organismo é beneficiado às custas de outro. No caso das relações hospedeiro-parasita, verifica-se uma associação muito forte entre os dois organismos, sendo que os parasitas desempenham um papel ecológico e evolutivo muito relevante.

Num ecossistema, é possível encontrar diversas relações entre os organismos aí presentes, sendo que essas relações bióticas são categorizadas de acordo com o saldo benefício-prejuízo dos organismos envolvidos. Uma das relações inter-específica^a mais comuns é a relação de natureza predatória, que inclui a predação *sensu stricto* e o parasitismo, e refere-se ao processo pelo qual um organismo (predador ou parasita) é beneficiado às custas de outro (presa ou hospedeiro)¹.

Do ponto de vista funcional, podemos considerar quatro tipos principais de predadores¹: (i) verdadeiros predadores, (ii) herbívoros e micropredadores, (iii) parasitóides e (iv) parasitas. Nesta classificação, o termo predador (*sensu stricto*) está reservado para as espécies que matam as presas imediatamente ou logo após a sua captura. Estes predadores normalmente consomem várias e distintas presas, geralmente na sua totalidade, e repetem-no várias vezes durante a sua vida. Os herbívoros e micropredadores também consomem várias presas ao longo da sua vida, mas caracterizaram-se por consumir apenas partes da sua presa (ex.: a parte aérea de uma planta, no caso de um herbívoro; o sangue de um hospedeiro, no caso de um micropredador). Apesar desta ação causar algum dano às presas, normalmente não conduz à morte dos indivíduos. Os parasitóides representam um grupo de organismos que não predam diretamente outros seres, mas usam-nos como fonte de alimento para o desenvolvimento da sua descendência. É o caso de alguns insetos que depositam os ovos noutros organismos, resultando no desenvolvimento da(s) sua(s) larva(s) no interior do corpo da presa (ou hospedeiro) e eventualmente causando a sua morte. O último conjunto de organismos são os parasitas (que incluem agentes causadores de doença), que se alimentam dos organismos presa (hospedeiros) enquanto estão vivos, e mesmo sendo prejudiciais, a sua atividade alimen-

tar é geralmente não letal a curto prazo. Regra geral, os parasitas estabelecem uma forte associação com o hospedeiro, uma vez que se concentram em poucos ou apenas um indivíduo durante toda a sua vida^{1,2}.

Os parasitas, direta ou indiretamente, regulam a dinâmica ecológica das populações do hospedeiro². À escala da teia alimentar, são diretamente responsáveis pelo controlo do fluxo trófico, conduzindo a reduções na biomassa do hospedeiro, não só pelo aumento das taxas de mortalidade, mas também pela influência no crescimento, na fecundidade, no estado nutricional, na suscetibilidade à predação e no comportamento do hospedeiro. Para além disso, dada a sua elevada taxa reprodutiva, os parasitas constituem uma importante fonte de nutrientes através da transferência substancial de matéria e energia para níveis tróficos superiores. Por todos estes motivos (e mais alguns que desenvolvemos a seguir), este conjunto de organismos mal-amados merece especial atenção³.

Os parasitas desempenham um papel evolutivo muito relevante, atuando como uma forte pressão seletiva. O fenótipo^b mais frequente na população de hospedeiros exibe uma maior probabilidade de ser parasitado, pelo que os parasitas se vão especializar em explorar esse fenótipo específico. Através da redução do sucesso reprodutivo do hospedeiro, os parasitas reduzem a frequência do fenótipo mais comum e indiretamente favorecem outros, que até aí eram mais raros, e que conseqüentemente irão passar a ser comuns. Deste modo, um fenótipo outrora raro passará a ser o novo alvo dos parasitas, e assim sucessivamente, resultando numa seleção recíproca entre hospedeiro e parasita. As populações de hospedeiro e de parasita envolvem-se assim numa dinâmica evolutiva cíclica (co-evolução), com hospedeiros e parasitas simultaneamente a produzirem novas variantes (via reprodução sexuada⁴) na tentativa de “vencer” o opositor – Teoria da Rainha de Copas⁵. A co-evolução é um processo tipicamente rápido e dinâmico, pelo facto dos parasitas causarem danos elevados, serem ubíquos, evoluírem rapidamente graças aos seus ciclos de vida curtos, e possuírem grandes populações e genomas flexíveis. Deste modo, estudos em sistemas hospedeiro-parasita podem fornecer modelos importantes para estudar evolução.

O ambiente modula a dinâmica do sistema hospedeiro-parasita, sendo que alguns estudos sugerem que os fatores ambientais alteram a força da seleção, e que a suscetibilidade à infeção depende do contexto ambiental⁵. A este modelo conceptual constituído por três vértices (suscetibilidade do hospedeiro, infecciosidade e virulência do parasita, e as condições ambientais) designa-se “triângulo da doença”. A temperatura é um dos principais fatores moduladores da interação hospedeiro-parasita, mas também os fatores antrópicos (e.g., poluição) parecem interferir nesta relação biótica⁵. Devido à multiplicidade de maneiras como os parasitas respondem à poluição, estes surgem assim como potenciais bioindicadores da qualidade ambiental⁶.

Os exemplos normalmente utilizados para ilustrar relações hospedeiro-parasita incluem os parasitas dos humanos³, sejam macroparasitas (como as lombrigas, *Ascaris lumbricoides*) ou microparasitas (como o agente infeccioso da malária, *Plasmodium* spp.). Alguns destes parasitas têm ciclos de vida muito complexos, envolvendo múltiplos hospedeiros e vários estádios de desenvolvimento (ver esquema simplificado na FIGURA 1).

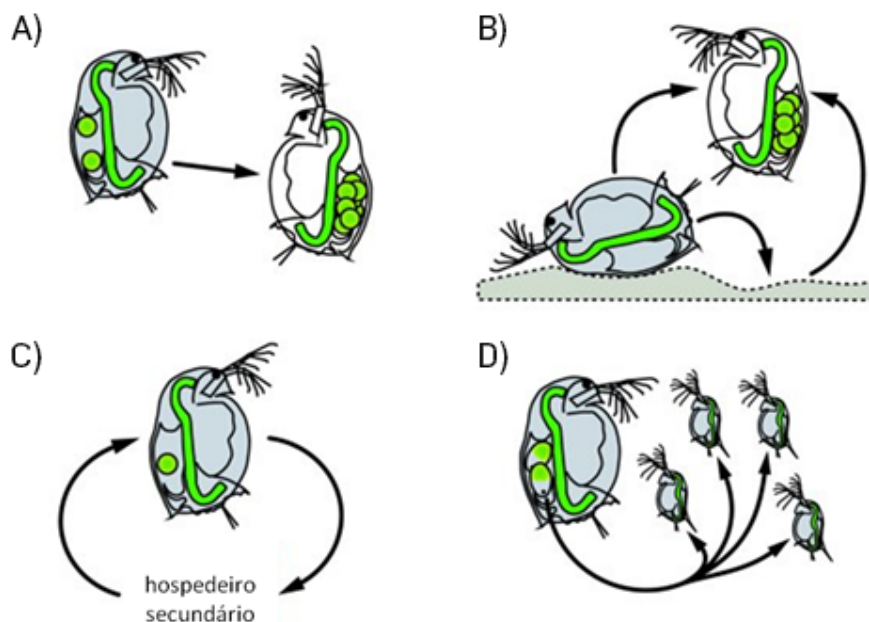


FIGURA 1. Modo de transmissão de parasitas (as setas indicam a direção da transmissão). A transmissão horizontal de um parasita consiste na passagem deste para um novo hospedeiro saudável (na imagem, *Daphnia* sp.) a partir de um hospedeiro infetado vivo A) ou morto B), a partir do banco de estádios de transmissão do parasita (ex.: esporos) no sedimento B), ou envolvendo outra(s) espécie(s) de hospedeiro C). A transmissão vertical D) ocorre diretamente do(a) progenitor(a) para a descendência. Adaptado de Ebert⁷.

Contudo, existem outros modelos que podem ser usados para ilustrar e estudar as interações hospedeiro-parasita. Um bom modelo experimental é o sistema constituído por *Daphnia* e os seus parasitas, que é utilizado em estudos de ecologia aquática, ecotoxicologia e evolução⁷. *Daphnia* é um género de pequenos crustáceos de água doce (pulgas-de-água⁸), comuns na coluna de água de charcos, lagos e albufeiras. É comum observar parasitas em populações naturais de *Daphnia*, sendo que estes desempenham uma importante função na regulação da dinâmica, composição e genética destas populações. Dentre os parasitas de *Daphnia*, encontram-se várias espécies de bactérias, fungos (FIGURA 2), ciliados, oomicetos, microsporídeos e alguns organismos cuja classificação é ainda indeterminada⁷. Alguns destes parasitas são benignos (ex.: microsporídeos, que são geralmente avirulentos), não causando grande dano, mas outros são extremamente virulentos^d (ex.: o protozoário *Caullerya mesnili* ou a levedura *Metschnikowia bicuspidata* – FIGURA 2 – reduzem significativamente o desempenho reprodutivo e a esperança de vida de *Daphnia*). Como curiosidade, refira-se que alguns compostos químicos de origem humana parecem afetar as interações hospedeiro-parasita neste modelo experimental. Estudos laboratoriais recentes^{9,10} demonstraram que alguns fungicidas amplamente utilizados em agricultura, e frequentemente detetados nos ecossistemas aquáticos, têm o potencial de suprimir os sinais de infeção de *M. bicuspidata* e os estádios de transmissão da doença em populações infetadas do hospedeiro (*Daphnia*). Esta perturbação do controlo natural dos parasitas sobre as populações de hospedeiros ilustra um impacto – até aqui negligenciado – das atividades humanas nos ecossistemas.



FIGURA 2. Imagens microscópicas de *Daphnia* sp. infetada com a levedura *Metschnikowia bicuspidata*. Este micro-parasita é um fungo que se reproduz vegetativamente na cavidade corporal do hospedeiro (A) – ver diferença entre hospedeiro infetado, à esquerda, e saudável, à direita). Na fase mais avançada da infecção, a levedura produz esporos em forma de agulha (ver detalhe em B e C) que preenchem a cavidade corporal do hospedeiro (ver setas em A), B) e C)), tornando o seu corpo mais opaco A). Após a morte do hospedeiro, os esporos são libertados, ficando disponíveis para ser filtrados e ingeridos por novos hospedeiros (transmissão horizontal). O formato particular dos esporos permite que estes perfurem a parede do tubo digestivo, germinando no interior da cavidade corporal do novo hospedeiro.

^a As relações inter-específicas são uma forma de interação biótica entre organismos de espécies diferentes; para além da predação (*sensu lato*), existem também relações de competição, mutualismo e comensalismo. As relações intra-específicas são interações entre organismos da mesma espécie e incluem relações de cooperação (benefício mútuo) e competição (prejuízo mútuo).

^b O fenótipo é a expressão do genótipo. É o conjunto de características expressas por um organismo (desde a proteína mais simples à forma corporal) e é modulado pelo tipo genético subjacente (genótipo) e pela sua interação com o ambiente (que molda a expressão dos caracteres fenotípicos).

^c Na história de Alice (no livro *Alice do outro lado do espelho*, de Lewis Carroll), onde se inspirou esta teoria, a Rainha de Copas explica a Alice que no lugar mágico onde estão, é necessário correr o mais possível para permanecer no mesmo sítio. Esta analogia explica a necessidade que hospedeiro e parasita têm de correr (evoluir) para se manter no mesmo lugar.

^d A virulência de um parasita refere-se à sua capacidade de provocar um maior ou menor dano no hospedeiro.

Agradecimento

Este trabalho foi financiado por fundos nacionais (através da Fundação para a Ciência e a Tecnologia) e pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (através dos programas COMPETE2020 e PT2020) através do projeto de investigação FunG-Eye (POCI-01-0145-FEDER-029505).

REFERÊNCIAS

- ¹ BEGON M. *et al.*, *Ecology: From Individuals to Ecosystems* – 4th Edition. Blackwell Publishing Ltd., Oxford. 2006.
- ² PRICE PW. General concepts on the evolutionary biology of parasites. *Evolution* 31:405-420. doi: 10.1111/j.1558-5646.1977.tb01021.x. 1977.
- ³ Centers for Disease Control and Prevention. Parasites. Retrieved from <https://www.cdc.gov/parasites/>. 2019.
- ⁴ RIDLEY M. *The Red Queen: Sex and the Evolution of Human Nature*. Penguin Books Ltd., London. 1993.
- ⁵ WOLINSKA J & KING KC. Environment can alter selection in host-parasite interactions. *Trends Parasitol* 25:236-244. doi:10.1016/j.pt.2009.02.004. 2009.
- ⁶ SURES B. The use of fish parasites as bioindicators of heavy metals in aquatic ecosystems: a review. *Aquat Ecol* 35:245-255. doi:10.1023/A:1011422310314. 2001.
- ⁷ EBERT D. *Ecology, Epidemiology and Evolution of Parasitism in Daphnia*. National Center for Biotechnology Information, National Library of Medicine (US), Bethesda. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK2036/>. 2005.
- ⁸ ANTUNES S. & CASTRO B.B. Pulgas-de-Água (*Daphnia* spp.). *Rev Ciência Elem* V5(04):050. doi:10.24927/

rce2017.050. 2017.

⁹CUCO AP. *et al.*, Interplay between fungicides and parasites: Tebuconazole, but not copper, suppresses infection in a *Daphnia-Metschnikowia* experimental model. PLoS One 12:1-16. doi:10.1371/journal.pone.0172589. 2017.

¹⁰MACHADO C. Cenários interativos entre a contaminação por fungicidas e parasitismo. Dissertação de Mestrado. Universidade do Minho, Braga. 2019.