



Panarthropoda e Arthropoda I (Chelicerata)

Prof. Luiz Rafael Silva da Silva

Descrição

A diversidade dos Panarthropoda e a conquista dos ambientes da Terra.

Propósito

O conhecimento da diversidade biológica dos Panarthropoda nos conduz à ciência das relações evolutivas entre os diversos seres ecdisozoários. E os grupos de artrópodes nos revela o processo de conquista dos diversos ambientes da Terra por indivíduos de um mesmo grupo.

Objetivos

Módulo 1

As relações de tardígrados e onicóforos com artrópodes

Analisar as relações de tardígrados e onicóforos com os outros artrópodes.

Módulo 2

A evolução e a ampla distribuição geográfica dos artrópodes

Relacionar a evolução dos artrópodes com sua ampla distribuição geográfica.

Módulo 3

As relações entre os Chelicerata e seus impactos na vida humana

Avaliar as relações entre os Chelicerata e seus impactos na vida humana.

Introdução

Não é de se espantar que boa parte das interações entre animais e humanos esteja contemplada pelos relacionamentos que existem com os indivíduos Panarthropoda. Para onde você olha vê um inseto ou um aracnídeo ou, sem perceber, um tardígrado ao seu lado.

Essa intensidade de relações se deu principalmente pelo sucesso evolutivo das estruturas de revestimento e articulação desses seres. A artropodização trouxe inúmeras vantagens para que “antigos vermes” pudessem conquistar o ambiente terrestre.

Neste material, passaremos primeiro pelos curiosos grupos dos tardígrados e onicóforos e, depois, pelo estudo dos quelicerados. Compreenderemos a importância desses seres para a manutenção da vida na Terra.

AVISO: [orientações sobre unidades de medida](#).

Orientações sobre unidades de medida

Em nosso material, unidades de medida e números são escritos juntos (ex.: 25km) por questões de tecnologia e didáticas. No entanto, o Inmetro estabelece que deve existir um espaço entre o número e a unidade (ex.: 25 km). Logo, os relatórios técnicos e demais materiais escritos por você devem seguir o padrão internacional de separação dos números e das unidades.



1 - As relações de tardígrados e onicóforos com artrópodes

Ao final deste módulo, você será capaz de analisar as relações de tardígrados e onicóforos com os outros artrópodes.

Tardígrados: supercriaturas

Você conhece alguma criatura que consiga sobreviver a variações de temperatura entre -270°C e $+150^{\circ}\text{C}$ ou a situações de intensa seca, alta umidade ou mesmo no vácuo? Já escutou falar desse super animal: tardígrados?



Os tardígrados foram testados pela NASA quanto à sua resistência no vácuo.

Os Tardigrada (do latim, "caminhante lento") são um grupo de animais Panarthropoda microscópicos que podem viver em diversos tipos de ambientes com variações de condições abióticas extremas. Comumente são chamados de “ursos d'água”, por sua aparência, em algumas espécies, ser similar a um pequeno urso.

Existe ainda muita [pesquisa basal](#) a ser feita. O número de pesquisadores interessados em estudar esses seres vivos ainda é pequeno e por isso as produções sobre o tema são escassas.

esquisa basal

Pesquisas relacionadas a levantamentos biogeográficos e pesquisas taxonômicas.

Saiba mais

Hoje temos mais de 1.200 espécies de tardígrados registradas pelo mundo, mas estima-se que exista um número consideravelmente maior deles a ser descoberto. A partir do conhecimento prévio de sua biologia, muitas pesquisas relacionadas à biotecnologia estão acontecendo, desde a possibilidade do congelamento de células embrionárias e manutenção de seu material genético até pesquisas que visam rever o processo de refrigeração de vacinas.

O que caracteriza um tardígrado?

Veja, ao lado, a imagem de um tardígrado. Bem interessante, não?

Ele apresenta quatro pares de pernas, lobadas, altamente móveis e relativamente desajeitadas, com passo lento. Por isso são comparados aos ursos. Suas pernas culminam em garras com capacidade preênsil muito importantes para atividades de nicho.



Os lobopódios de um tardígrado permitem que andem com um caminhar ursíneo.

Atenção

Embora seu corpo cilíndrico, plano na parte ventral e convexo na parte dorsal, tenha um aspecto mole, os tardígrados são cobertos por uma cutícula dura, mas não calcificada, similar aos exoesqueletos de insetos e aracnídeos. Os tardígrados também precisam perder suas cutículas para crescer e promover a ecdise (muda). Por conta disso, eles compõem o grande grupo dos Ecdysozoa!

Agora veja mais algumas características dos tardígrados.

Garras



Os tardígrados possuem de quatro a seis garras em cada perna lobada, o que os ajuda a se agarrarem ao substrato vegetal.

Aparelho buco-faríngeo



Os tardígrados apresentam uma parte bucal especializada de nome aparelho buco-faríngeo, para sugarem nutrientes de plantas e se alimentarem de microorganismos.

Corpo



O corpo dos tardígrados possui cinco segmentos: um cefálico, três troncos e um terminal. Os últimos quatro possuem quatro pares de patas em forma de apêndices lobopodiais. Essas características

são diagnósticas para sua identificação.

Tamanho

Seus tamanhos variam entre 0,3mm e 0,5mm, podendo chegar a 1,2mm. Eles são quase translúcidos! Mas com a luz certa, você pode vê-los a olho nu. Mesmo translúcidos, praticamente todos os tardígrados não marinhos apresentam uma coloração de verde, passando pelo vermelho e rosa.

Pernas

São curtas e atarracadas localizadas sob seus corpos, não saindo para os lados.

Quantidade de células corporais

São eutélicos, ou seja, apresentam sempre o mesmo número de células, por volta de mil. Mesmo com constantes mudas, esse número não aumenta, o que aumenta é o tamanho de cada célula.

Cavidade celomática

É muito pequena e funciona como hemocoele, estrutura que capta líquidos corporais que conduzem nutrientes. As únicas cavidades celomáticas que vemos são as que ficam ao redor das gônadas. De certa forma, isso explica o fato de não haver nenhum tipo de sistema circulatório, respiratório ou excretor, com a presença de algum metanefrídio especializado. Mas é claro que, mesmo com esses órgãos ausentes, os tardígrados realizam as trocas gasosas e a excreção de metabólitos pelo processo de difusão, visto que são muito pequenos e sua cutícula é bem fina.

Como vimos, o conhecimento sobre os tardígrados ainda é muito limitado.

Até 2019, cerca de 226 espécies foram descritas para a América do Sul, mas estima-se um número consideravelmente maior a ser descoberto.

A identificação dos tardígrados baseia-se principalmente em conformação do aparelho oral, características das unhas ou discos de sucção, tipo de estruturas sensoriais (cirros, papilas ou lamelas), tipo de cutícula, presença de placas e ornamentação dos ovos.



As garras de um tardígrado são importantes para se prenderem no substrato.

Tardígrados por toda parte!

Do ponto de vista ecológico, os tardígrados são organismos ubíquos, ou seja, vivem em todos os tipos de habitats: aquáticos ou limnoterrestres. Podem ser herbívoros ou consumir outros organismos, como protozoários ou pequenos invertebrados limnoterrestres.

Os tardígrados possuem ampla distribuição cosmopolita, e as espécies se alimentam de uma gama de possibilidades. Essa alimentação acaba se relacionando com o formato e a posição das estruturas orais desses indivíduos que, portanto, auxiliam na classificação dos subgrupos:

Herbívoros

Apresentam boca ventral.

Onívoros e carnívoros

Têm boca na terminação do corpo, ou seja, bem na ponta da cabeça.

Saiba mais

Boa parte dos tardígrados deposita suas fezes ao final da sua cutícula e só se livram delas quando fazem a muda.

Os animais podem se reproduzir assexuadamente ou sexuadamente dependendo da espécie. Em algumas espécies, os machos depositam esperma dentro da cutícula da fêmea portadora de óvulos em muda durante um acasalamento de uma hora. Algumas fêmeas perdem a cutícula e colocam seus ovos ali dentro para serem fertilizados mais tarde pelos machos. Os ovos demoram cerca de 40 dias para eclodir ou até 90 dias se estiverem desidratados. Ainda há a partenogênese, que ocorre em algumas espécies terrestres. Na maior parte dessas espécies, os machos não foram identificados até hoje!



Ovos de um tardígrado depositados junto de sua cutícula recém ejetada.

Tardígrados altamente resistentes

Tardígrados pertencem a uma categoria de animais conhecidos como extremófilos, criaturas que podem sobreviver em ambientes onde a maioria dos outros não consegue.

Exemplo

Os tardígrados podem ficar até 30 anos sem comida ou água. Eles também podem viver em temperaturas tão frias quanto zero absoluto ou acima da ebulição, a pressões seis vezes maiores que as fossas mais profundas do oceano e no vácuo do espaço. Essa resiliência é em parte devido à proteína única que existe em seus corpos chamada Dsup — abreviação de "supressor de danos" — que protege o DNA de radiação ionizante, por exemplo, que está presente no solo, na água e na vegetação.

Em pesquisas recentes, com a proteína aplicada em células humanas, *in vitro*, foi observado o aumento da resistência dos tardígrados a raios X em mais de 40 vezes. Quem sabe esteja aí a fórmula para a imortalidade. Essas várias formas de resistência têm nomes. Vamos listar todas elas a seguir.

Uma estratégia de obtenção de estágio de dormência com uma taxa metabólica bem baixa, quase inexistente, evitando altos gastos energéticos e oxidações celulares. Ocorre quando o ambiente não está favorável para a sobrevivência do tardígrado.

Criptobiose



Esse é outro truque incrível de sobrevivência dos tardígrados! É um estado de inatividade desencadeado por um ambiente seco. Esses microanimais espremem toda a água do corpo, retraem as cabeças e membros, enrolam-se em uma pequena bola e ficam dormentes. A taxa metabólica vai praticamente a zero. Quando as condições melhoram, eles se desdobram e voltam à atividade.

Anidrobiose



Simplemente uma criptobiose ao extremo. Mas é possível ser mais extremo que praticamente morrer? Sim! Tardígrados apresentam uma estratégia criptobiótica que pode fazer com que o indivíduo permaneça sem taxa metabólica durante anos, mas sem estar morto!

Como se classificam os tardígrados?

O filo dos tardígrados apresenta três classes:

Eutardigrada

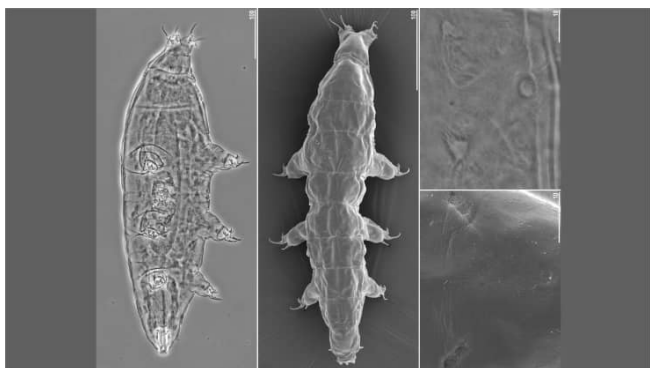
Apotardigrada

Heterotardigrada

Eutardigrada e Apotardigrada

A classe **Eutardigrada** anteriormente era constituída por duas ordens: Parachela e Apochela. A partir de dados biomoleculares, observaram um considerável distanciamento do grupo Apochela. Por isso, foi criada uma outra classe, chamada **Apotardigrada**, que inclui apenas a ordem Apochela. A maioria dos

representantes das classes Eutardigrada e Apotardigrada são limnoterrestres. Em 2020, sugeriu-se a supressão da classe Apotardigrada, colocando seus indivíduos na ordem Parachela, incluídos nos eutardígrados.



Uma espécie nova de apotardígrado descrita em 2020.

Heterotardigrada

Heterotardigrada compreende as ordens **Echiniscoidea** e **Arthrotardigrada**, esta última inclui apenas representantes marinhos.

Curiosidade

Existia ainda a classe Mesotardigrada, que atualmente é considerada *nomen dubium*. No caso dessa classe, questionam a descrição feita do espécime coletado, alegando que o autor cometeu erros na observação e na descrição.

nomen dubium

Quando um espécime descrito está enquadrado em uma classificação errada.

Tanto os apotardígrados quanto os eutardígrados possuem cutícula fina e unhas dispostas aos pares para cada perna, mas apresentam algumas diferenças:

Apotardígrados

Apresentam apêndices cefálicos (papilas periorais e cefálicas), bulbo faríngeo alongado sem placoides e unhas com ramo primário separado do ramo secundário.



Eutardígrados

Carecem de apêndices cefálicos e apresentam bulbo faríngeo com placoides e unhas com ramos primários e secundários fundidos.

Saiba mais

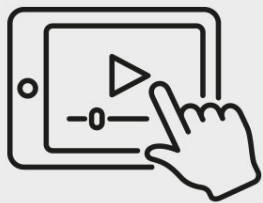
Os heterotardígrados apresentam cutícula espessada (às vezes dividida em placas), quatro unhas independentes dispostas ao redor do eixo de cada perna, além de numerosos cirros e papilas.



Onde encontro um tardígrado?

Neste vídeo, o especialista Luiz Rafael Silva da Silva demonstra um pequeno passo a passo para capturar tardígrados.

Para assistir a um vídeo sobre o assunto, acesse a versão online deste conteúdo.



Onicóforos

Ao andar por um lugar com bastante vegetação, repare nas folhas de plantas arbustivas. Possivelmente, você encontrará um verme, com aspecto aveludado, similar a uma pequena lesma, mas com pernas. Esses vermes aveludados são chamados de onicóforos!

São criaturas muito atraentes com uma textura macia e aveludada. Os onicóforos não são exatamente vermes: tem essa denominação por conta do seu formato corporal cilíndrico e longilíneo. Os primeiros fósseis desses fantásticos seres datam de 310 milhões de anos atrás, um tempo considerável de permanência no planeta. O mais interessante é que, comparando os registros fósseis com os onicóforos atuais, pouquíssima coisa mudou.



Um *Peripatus*, indivíduo típico dos onicóforos.

Os indivíduos do filo Onychophora apresentam tamanho entre 0,5 e 20cm e comprimento médio por volta de 5cm. Eles podem ser vistos facilmente, não só por seu considerável tamanho, mas também pela ornamentação da derme com uma série de cores, muitas delas chamativas. São pequenos indivíduos vermiformes que apresentam várias cores, como:

Roxo

Laranja

Verde

Cinza

Azul

Vermelho

Marrom

Os onicóforos possuem considerável número de pernas: em média, 14, mas alguns apresentam 43 pares! Essas pernas não são verdadeiramente articuladas. Na verdade, a musculatura corporal move o corpo do indivíduo de uma maneira que parece que os lobopódios se movem de forma independente e articulada. Algo interessante é a presença de garras no final dessas pernas ou então de pequenos ganchos, que ajudam os indivíduos a se prenderem em diferentes substratos. A cabeça de um onicóforo, não tão definida, apresenta três pares de estruturas básicas:

- **Antena carnosa:** innervada por um protocérebro, com capacidade sensorial. Em sua base, há dois pequenos olhos que percebem a luz.
- **Par de mandíbulas:** provavelmente são homólogas às quelíceras das aranhas, mesmo não apresentando muita similaridade morfológica. Elas são feitas para agarrar e despedaçar suas presas.
- **Papilas orais:** apresentam a terminação das glândulas de muco desses animais, uma arma poderosa para a captura de presas. Essas glândulas de muco parecem ser nefrídios modificados e produzem uma substância adesiva, que endurece em contato com o ar, prendendo a infeliz presa, que terá seu destino determinado por esse verme aveludado.



Lobopódios e papilas dérmicas dos onicóforos.

Veja a seguir as especificidades dos sistemas circulatório, respiratório e excretor dos onicóforos.

Sistema circulatório

Apresentam um sistema circulatório aberto, em que a hemolinfa é derramada na parte anterior do seu corpo e acondicionada nos seios hemais, celomáticos, retornando novamente para um tubo dorsal longo, com uma dilatação considerada o coração do indivíduo. Perceba que essa descrição é muito similar ao sistema circulatório de um artrópode, como os insetos, e tal característica talvez demonstre uma relação evolutiva bem próxima.

Sistema respiratório

Possui vasos traqueais bem definidos se comunicando com o ambiente pelos diversos espiráculos, bem pequenos. Essa descrição também pode ser comparada ao sistema de respiração de diversos insetos, mas há um porém: tal sistema não é homólogo ao destes artrópodes, ou seja, é um sistema que evoluiu de maneira independente, convergindo em funcionalidade com a estrutura respiratória dos insetos.

Sistema excretor

Funciona bem, contendo pares de nefrídios em cada segmento em que o onicóforo vai apresentar seus lobopódios. Na base das pernas, são encontrados os poros excretores, de onde sai uma substância de natureza ainda desconhecida.

Ecologia dos onicóforos

Os onicóforos normalmente habitam microhabitats úmidos, como serapilheira, solo e toras em decomposição em florestas tropicais e temperadas. São bem comuns, em regiões de florestas, como a Mata Atlântica. As espécies de onicóforos são classificadas em dois subgrupos principais, que provavelmente divergiram antes da divisão do megacontinente chamado Gondwana há mais de 175 milhões de anos:

Peripatidae



Estão restritos à região Neotropical, Antilhas, África Ocidental e áreas do Sudeste Asiático, incluindo Cingapura, Malásia, Tailândia, Indonésia e Vietnã.

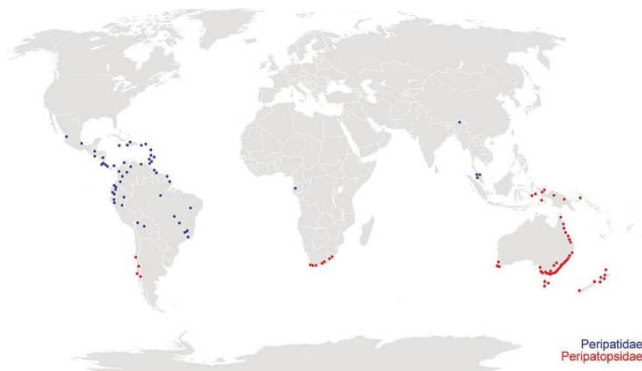
Peripatopsidae



Ocorrem na Austrália, Nova Guiné, Chile, África do Sul e Nova Zelândia.

O estudo da evolução de Onicófora nos dá uma base para entendermos o processo de formação dos continentes atuais em um estudo completo de biogeografia. O registro fóssil de um onicóforo mais antigo, *Helenodora inopinata*, ocorreu no final do Carbonífero e foi encontrado no meio da Pensilvânia, em Illinois, nos Estados Unidos e alguns fósseis adicionais foram relatados nos âmbares da República Dominicana, Báltica e Mianmar.

No mapa a seguir, é possível observar a distribuição atual de onicóforos no mundo. Que tal relacionar esta distribuição com o processo de deslocamento de placas tectônicas ao longo de nossa história?



Distribuição das famílias de onicóforos no mundo.

Os onicóforos se alimentam de artrópodes e invertebrados. São grandes predadores e apresentam táticas interessantes para imobilizar a presa. Ao capturar uma vítima, o onicóforo abre um buraco no corpo dela e começa a sugar sua presa por dentro. Como tática para o ataque, os onicóforos se movem lentamente, o que torna difícil para a presa detectá-los. Além disso, mesmo com pouca capacidade de visualização, os onicóforos são extremamente sensíveis às variações no ambiente, principalmente a correntes de ar geradas pelos movimentos de predadores e presas.

Curiosidade

Uma das características mais curiosas do hábito alimentar do onicóforo é o uso de uma secreção pegajosa e volátil para defesa e captura de presas, que é ejetada por um par de estruturas modificadas chamadas papilas viscosas. A substância liberada é lodosa, se parece com uma cola, e envolve a presa imobilizando-a. Em seguida, a substância adesiva endurece em contato com o ar, impossibilitando qualquer chance de fuga. Os onicóforos são animais sociais que fazem suas atividades de caça em grupos com muitos indivíduos.

Reprodução dos onicóforos

Algumas espécies de onicóforos colocam ovos sobre cascas de tronco apodrecido ou se decompondo, enquanto outros dão à luz filhotes vivos, em um processo similar à viviparidade. Algo mais impressionante: algumas espécies apresentam estrutura placentária com função similar à placenta dos mamíferos.

Como o macho transfere gametas para as fêmeas?

Explicação



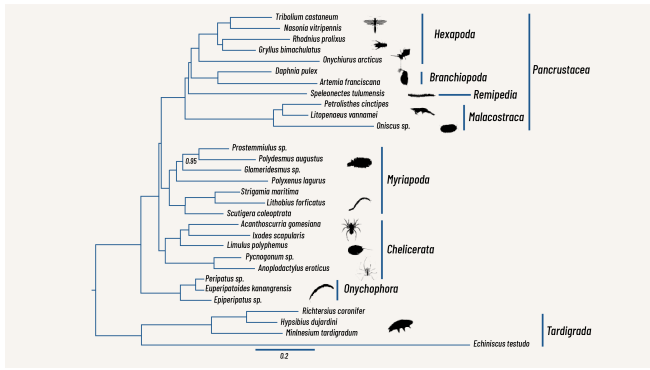
São bem peculiares as formas como o macho transfere gametas para as fêmeas. Existem espécies cujas fêmeas apresentam um espermatóforo cefálico, que acaba entrando posteriormente em contato com a genitália dos machos. Existem ainda machos que colocam um "feixe" de gametas no corpo da fêmea. Então, o corpo da fêmea absorve esses gametas de células chamadas amebócitos, que promovem uma abertura no tegumento permitindo a entrada dos espermatozoides para a hemolinfa, fazendo-os se direcionar para o ovário, onde ocorre a fertilização.

Tardígrados e onicóforos: parentes?

Muito ainda se discute sobre a relação entre onicóforos e tardígrados no grupo dos Panarthropoda. Se analisarmos a morfologia e a embriologia dos componentes desses grupos, acharemos alguma relação que os aproxima, evidenciando a atual classificação. Alguns estudos biomoleculares chegaram a questionar essa relação, aproximando os Tardigrada dos vermes nematódeos.

Como um urso d'água seria próximo de um verme?

Esse questionamento se manteve por muito tempo, mas recentemente novas análises foram feitas e corroboram com a primeira hipótese que coloca artrópodes, tardígrados e onicóforos em um mesmo grupo. A seguir, um cladograma demonstra essa relação. Perceba que os Tardigrada estão mais distantes do grupo irmão Onychophora + Arthropoda.



O cladograma demonstra que onicóforos e artrópodes são grupos irmãos, enquanto tardígrados estão mais distantes desses indivíduos.

Agora que você já sabe mais sobre os tardígrados e os onicóforos, fique atento quando estiver em ambientes florestais. Quem sabe você os encontre por lá!

Falta pouco para atingir seus objetivos.

Vamos praticar alguns conceitos?

Questão 1

A forma como se estrutura a substância mucosa de um onicóforo, conhecido como *Epiperipatus hilkae*, pode dar pistas à ciência para criar um material biocompatível que permita, por suas qualidades adesivas, selar as feridas de pacientes. Identifique de que maneira os cientistas puderam associar a substância mucosa com a produção de selantes de feridas.

- A Cientistas puderam observar que o muco, quando liberado, forma uma teia fluida, flexível e que se liquefaz rapidamente no ambiente. Nesse caso, eles deveriam pesquisar uma forma de reverter o processo.
- B O muco, quando aderido a uma presa, começa a promover digestão extracorpórea. Esse princípio enzimático é fundamental para a construção de medicamentos selantes.
- C Os cientistas observaram que essa substância mucosa apresenta capacidade de solidificação após ser exposta ao ambiente. Com isso, poderiam utilizar tais princípios em medicamentos cicatrizantes e selantes.
- D A substância apresenta efeito paralisante, não tem consistência pegajosa e nem se solidifica, mas ocasiona interrupções neuromotoras nas presas, como no caso de

alguns insetos.

- E A estrutura adesiva do muco, junto com a água em ambientes lacustres ou a umidade do ar, permite que as presas fiquem paralisadas em estruturas como casulos. Esse fenômeno é similar a um efeito cicatrizante.

Parabéns! A alternativa C está correta.

Em contato com o ar, a substância pegajosa sofre reações e se solidifica, paralisando a presa. Esse fenômeno pode ser aplicado para selar e cicatrizar feridas, uma vez que o princípio seria seguido no medicamento fabricado.

Questão 2

A cutícula de indivíduos do filo Tardigrada é muito fina e permite a observação de suas estruturas internas. Além disso, essa cutícula fina auxilia compensar a falta de dois sistemas fisiológicos nesses organismos, por conta do processo de difusão. Esses sistemas ausentes são

- A sistema circulatório por vasos e sistema respiratório.
- B sistema excretor e sistema digestório.
- C sistema reprodutor e sistema muscular.
- D sistema nervoso e sistema circulatório por vasos.
- E sistema excretor e sistema nervoso.

Parabéns! A alternativa A está correta.

Pelo fato de apresentarem cavidades celomáticas reduzidas, algumas estruturas fisiológicas estão ausentes do corpo do indivíduo, como os sistemas circulatório e respiratório. Entretanto, a pele fina permite a passagem de gases que se difundem pelas células do corpo do tardígrado.



2 - A evolução e a ampla distribuição geográfica dos artrópodes

Ao final deste módulo, você será capaz de relacionar a evolução dos artrópodes com sua ampla distribuição geográfica.

Todo artrópode conta uma história

Todo indivíduo tem uma história para contar. O seu percurso pelo nosso planeta deixa marcas que impactam direta ou indiretamente a história da vida na Terra. Com os artrópodes não foi diferente. Desde o seu surgimento, as suas trajetórias marcaram a linha do tempo e contam uma história associada à história biogeográfica do nosso mundo.

Qual período representou o ponto de partida na história dos artrópodes?

Explicação



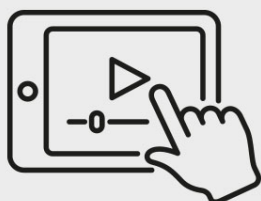
Podemos marcar como ponto de partida o período Cambriano, no Paleozóico, em que ocorreu uma explosão da diversidade, principalmente animal. Por conta do surgimento de organismos com estruturas mais duras e resistentes à ação do tempo, muitos fósseis de indivíduos são encontrados até hoje. Nesse período, não só os artrópodes surgiram, mas eles podem ser considerados a estrela da evolução daquela época. Ali, os antigos trilobitas eram os principais representantes. Talvez hoje a imagem de um trilobita seja estranha a você, mas eles foram muito comuns em nosso planeta. Como boa parte da Terra estava submersa, os trilobitas ficavam nos mares, no sedimento, caminhando e se alimentando por ali. E a história dos artrópodes começa neste ambiente: no mar!



Navegando nos mares do cambriano

Neste vídeo, o especialista Luiz Rafael Silva da Silva apresenta alguns dos diversos ancestrais dos artrópodes atuais que navegavam pelos oceanos da Terra.

Para assistir a um vídeo sobre o assunto, acesse a versão online deste conteúdo.



Quem são os trilobitas?

Foram artrópodes que viveram durante toda a era Paleozoica. Seus fósseis são encontrados em grandes quantidades e bem conservados. Com eles vieram vários caracteres mais complexos, como olhos mais refinados e mais potentes, articulações mais versáteis e espinhos ao longo do corpo. Essas novidades nos ajudam a explicar por que esse grupo teve tanto sucesso no Paleozoico. São caracteres que deram a esses indivíduos uma série de vantagens!

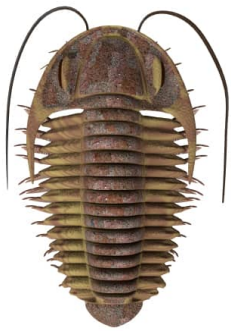
Saiba mais

Os artrópodes com sua dura carapaça e sua capacidade de se enrolar, somada aos espinhos ao longo de seu dorso, simplesmente os tornavam seres intragáveis, uma vantagem contra predadores.

A estrutura corpórea de um trilobita pode ser dividida em três partes: o céfalo (cabeça mais atarracada), o tórax e o pigídio (estrutura abdominal que vai se afunilando).

Observar e identificar um trilobita em relação a outros artrópodes é relativamente fácil, principalmente porque eles apresentam dois sulcos longitudinais laterais que dividem o corpo em três lobos verticais.

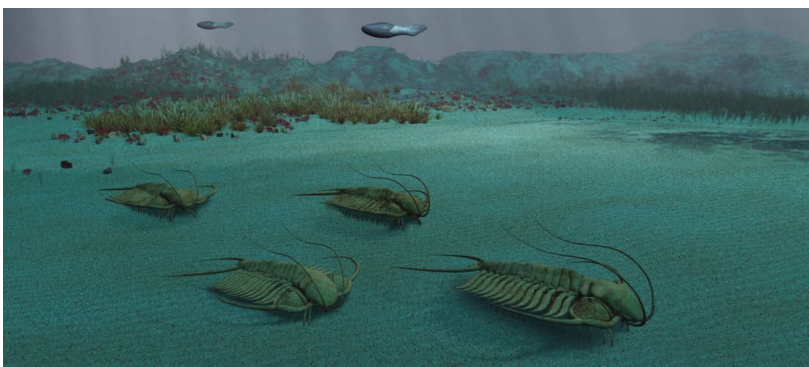
Algo interessante de se observar em um trilobita são seus olhos compostos — na maioria das 15 mil espécies, muito desenvolvidos e, a princípio, com grande capacidade de formação de imagens.



Trilobita típico com as características marcantes que possibilitaram seu sucesso evolutivo.

Em relação ao seu nicho, como eram marinhos, conseguiam ocupar diversos estratos da coluna d'água. Supõe-se que apresentariam comportamento bentônico, andando pelo substrato e se alimentando de pequenos seres que viviam por lá, ou então de plâncton, nadando pela coluna d'água até a lâmina superficial. A variedade de nichos também auxiliou bastante a permanência de indivíduos do subfilo Trilobita por todo um período geológico.

Com o passar do tempo, outros ambientes começaram a ser conquistados. A partir daí, os artrópodes, incluindo os trilobitas, dominaram o mundo!



Os trilobitas dominaram o mar no período Cambriano. Sua abundância era tanta, que existem diversos fósseis bem preservados.

O que caracteriza um Arthropoda?

Imagine que logo ao nascer fosse colocada em você uma armadura, que permitisse seus movimentos, mas que fosse muito justa ao seu corpo. Você teria uma vantagem, uma proteção excelente contra a maior parte dos predadores e contra a dessecação, entre outros fatores ambientais.

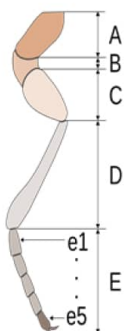
Por outro lado, como você faria para crescer e desenvolver seu corpo?

Pois é, você precisaria tirar essa armadura e construir uma nova! Mas além desse problema, outras questões também surgiriam. Imagine se locomover com algo tão pesado sobre seu corpo ou como resolver de modo simples suas necessidades fisiológicas. Talvez seja difícil imaginar isso, correto? Mas para um artrópode isso pode ser considerado algo relativamente tranquilo.

As estratégias que os artrópodes desenvolveram para conseguir sustentar seu exoesqueleto rígido têm o nome de **artropodização**, e ela é o principal fator do sucesso desses incríveis seres. Pense inicialmente no problema da locomoção com o exoesqueleto. Seria realmente difícil se rastejar ou então rolar. Para resolver isso, o surgimento de apêndices articulados, resistentes e eficazes, foi fundamental. A estrutura rígida e pesada agora era sustentada por uma engenhosidade mecânica que utiliza elementos associados da musculatura e da hidráulica para promover os movimentos das articulações.

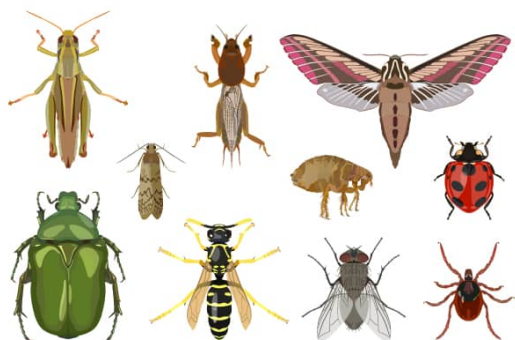
Tais articulações são extremamente flexíveis e maleáveis, o que permite uma série de movimentos. A área entre os segmentos, por ser bem fina, também possibilita essa flexibilidade. Com estruturas quase ilimitadas de movimento, os artrópodes não tiveram limites para explorar novos lugares.

Agora, pense um pouco sobre a possibilidade de um artrópode contrair seu corpo dentro de uma armadura tão rígida como essa. Fica bem difícil, não é? Por isso, o celoma dos artrópodes começou a ficar reduzido, deixando de apresentar características similares a um esqueleto hidrostático e restringindo sua função a apenas cavidades para retenção de fluidos circulatórios, as chamadas hemocèles.



Uma das principais características da artropodização é a presença de apêndices articulados, flexíveis.

Uma outra característica da artropodização e do consequente sucesso evolutivo desses seres é o direcionamento de algumas estruturas para captação sensorial de estímulos do ambiente. Na maior parte dos artrópodes, há cerdas modificadas com a função de sentir as variações ambientais e as características do local ao seu redor.



Os artrópodes representam o grupo mais abundante de animais em nosso planeta.

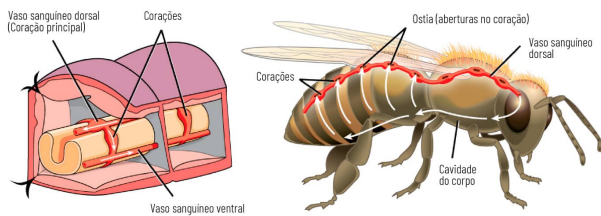
Resumindo

Essas características trouxeram um grande sucesso evolutivo a todos os artrópodes e com isso a conquista de praticamente todos os ambientes em nosso planeta foi possível.

Sistemas integrados em artrópodes

Para atender às novas estruturas que trouxeram a possibilidade de artropodização, algumas mudanças nos sistemas fisiológicos dos artrópodes precisaram acontecer. A formação da hemocela com um sistema sanguíneo aberto é uma delas.

Imagine algumas bacias enfileiradas, repletas de líquido. Dentro delas estão imersas algumas estruturas que sempre ficarão embebidas pelo líquido que está nessa bacia. Agora, transporte essa ideia para os artrópodes. As bacias são as chamadas hemocelas e as estruturas são grande parte dos órgãos desses animais. Ou seja, os órgãos sempre estarão banhados por uma hemolinfa que distribui hormônios e nutrientes. Mesmo assim, é necessário que haja um canal que permita ainda um fluxo da hemolinfa e por isso há um canal dorsal, com pequenos vasos ramificados e a presença de uma série de perfurações, chamadas de óstios, que permitem o retorno da hemolinfa ao vaso. Observe na figura a seguir como se dá essa circulação em um artrópode básico.



Esquema da circulação em artrópodes: sistema circulatório fechado (esquerda) e sistema circulatório aberto (direita).

A hemolinfa, que circula por esse sistema, é transparente, incolor, mas em alguns casos pode ser avermelhada pela presença de hemoglobina em sua composição. Comumente a hemolinfa não faz o transporte de oxigênio em artrópodes, deixando esse papel para outras estruturas do sistema respiratório.

Como você acha que esses seres, de exoesqueleto rígido, impermeável, conseguem ter acesso ao oxigênio e transportá-lo para o seu interior?

Primeiro, é importante entendermos que as estratégias de captação de gases serão um tanto quanto diferentes para artrópodes de ambiente aquático e de ambiente terrestre. Certamente, para artrópodes terrestres, um mecanismo que consiga romper as limitações de um exoesqueleto rígido precisa ser muito mais complexo.

Precisamos pensar na perda de água. Fora d'água, caso não haja algum mecanismo que impeça alta permeabilidade e retenção da umidade, seria inviável qualquer artrópode estar nesse ambiente. Então, ter partes de seu corpo que não estejam envoltas com o exoesqueleto não é uma opção. Veja a seguir as diferenças dos artrópodes terrestres e aquáticos.

Artrópodes terrestres

Principalmente em insetos e aranhas, há uma invaginação cuticular, que acaba embebida nos líquidos da hemocele. Por ali, o oxigênio entra e perfunde através de difusão para os canais de distribuição internos.



Artrópodes aquáticos

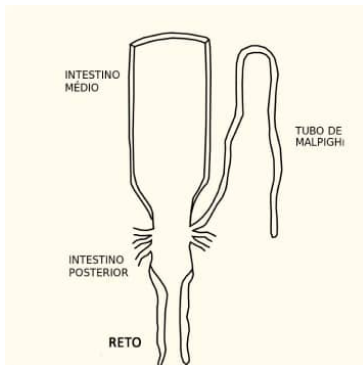
Encontrarmos mais comumente evaginações, de superfície enrugada, chamadas popularmente de brânquias. É bem comum observarmos em fases larvais de insetos holometábolos esse tipo de

estrutura.

Outra consequência da artropodização foi a modificação radical do sistema de excreção entre os invertebrados.

Inicialmente, em grupos mais antigos, os sistemas de captação de excretas eram abertos e retiravam diretamente os metabólitos dos fluidos de condução, mas no caso dos artrópodes, isso é impossível.

Uma estratégia para tal problema, presente em todos os artrópodes, foi o fechamento dessas estruturas na parte interna do corpo. Observe, na figura ao lado, um exemplo de estrutura excretora em artrópodes.



Desenho esquemático do túbulo (ou tubo) de Malpighi, uma estrutura excretora encontrada em insetos.

Atenção

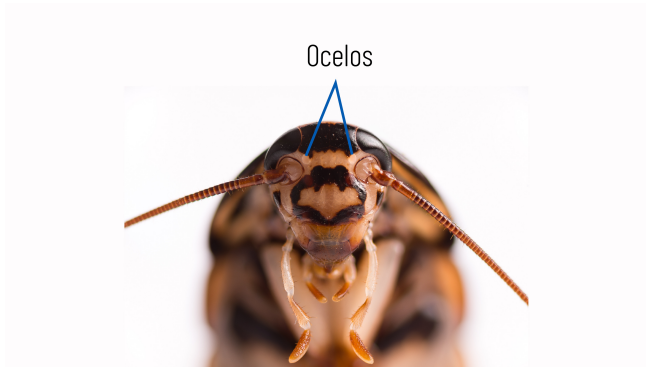
Essa estrutura excretora, túbulos de Malpighi, é encontrada em grande parte dos artrópodes terrestres. São canais fechados em uma extremidade, que fica embebida na hemocoele absorvendo, por difusão, metabólitos e outras substâncias para serem excretadas. Jogam os excretas diretamente, por sua outra extremidade aberta, para o tubo digestório, fazendo com que saiam pelo mesmo orifício que as fezes. Logo, o sistema digestório auxilia também no processo de excreção.

Talvez o que mais aproxime um artrópode de outros protostomados é o seu sistema nervoso, que segue um padrão similar ao dos outros indivíduos desse clado. Existe uma estrutura ganglionar, grande, dividida em três partes, que chamaremos de cérebro. Dele sai um longo cordão nervoso ventral, com feixes que inervam boa parte do corpo. De certa forma, essa descrição nos permite associar artrópodes aos onicóforos e também aos tardígrados, que apresentam configuração semelhante.

Olhos por toda parte

Os artrópodes possuem mecanismos fotorreceptores: dois tipos de estruturas com capacidade de captação luminosa.

Ocelos



Ocelos em uma barata.

Os ocelos são estruturas pluricelulares em artrópodes, sensíveis à luz, que determinam locais de luz e sombra. Percebem alterações de luminosidade no ambiente e alertam sobre predadores. Estão presentes em praticamente todos os artrópodes e funcionam como estrutura fotorreceptora principal na maioria dos indivíduos do grupo dos miriápodes. No caso desse grupo, vários ocelos agrupados fazem a função de um olho composto.

Olhos compostos



Olhos compostos — cada omatídeo compõe o olho composto.

Os olhos compostos são formados por uma série de unidades chamadas de omatídeos. Essas unidades em conjunto formam a estrutura ocular do artrópode. Cada omatídeo tem sua captação de luz de maneira autônoma e direciona a informação recebida para o gânglio cerebral do artrópode. A partir da recepção das informações de diversos omatídeos, uma imagem se forma. Quanto maior o número de omatídeos dentro de um olho composto, maior será a resolução da imagem e, com isso, melhor a percepção das variações no ambiente.

Saiba mais

Foi o grupo dos artrópodes que deu início a essa estrutura tão complexa de olhos compostos, ainda no período Cambriano. Alguns desses artrópodes possuíam um segundo sistema de olhos, que é típico dos artrópodes modernos — os olhos ocelares medianos, encontrados em diversos insetos. Como demonstra o registro fóssil, os trilobitas já apresentavam olhos compostos desde o início.

Reproduzindo e multiplicando!

Mais uma comprovação do sucesso evolutivo dos artrópodes é a sua diversidade reprodutiva. Muitas características reprodutivas foram desenvolvidas entre os representantes desse clado. De maneira geral, os artrópodes se reproduzem por reprodução sexuada, que envolve a geração e a fusão de gametas.

A maioria dos artrópodes é composta por machos ou fêmeas e passam por fertilização interna. Os órgãos sexuais emparelhados, ou gônadas, de cada sexo são conectados diretamente a dutos que se abrem na superfície ventral do tronco.

Os espermatozoides são comumente transferidos para a fêmea em pacotes lacrados conhecidos como **espermatóforos**. Entre alguns aracnídeos, como escorpiões, pseudoescorpiões e alguns ácaros, o espermatóforo caído deposita-se no solo. Ou a fêmea é atraída pelo espermatóforo quimicamente ou a deposição do espermatóforo ocorre durante o curso de uma dança nupcial. O macho manobra a fêmea para uma posição em que ela possa assumir o espermatóforo dentro de sua abertura genital.

Centopeias também utilizam espermatóforos com um comportamento de corte. Entre os insetos, existem alguns grupos primitivos sem asas, como colêmbolos, nos quais o espermatóforo é depositado no solo, mas na maioria dos insetos espermatóforos são colocados diretamente na abertura genital feminina pelo macho durante a cópula.



Centopeia.

Saiba mais

Alguns artrópodes transferem espermatozoides livres em vez de espermatóforos. Isso inclui muitos crustáceos, milípedes, alguns insetos (como dípteros e hemípteros), aranhas e alguns ácaros. Depois que o óvulo é fertilizado, a fêmea geralmente faz a oviposição e ele continua se desenvolvendo fora do corpo da mãe. Os ovos são geralmente ricos em vitelo, mas há espécies cujos ovos têm pouco desse nutriente.

Fantástica muda!

Todo ecdisozoário passa pelo processo de muda. Seu revestimento externo é retirado para permitir que o indivíduo cresça. A muda, ou ecdise, em artrópodes é estritamente programada e precisamente controlada pelos sistemas hormonais. Os três principais grupos de hormônios dos artrópodes que governam a muda são:



Ecdise ocorrendo em um escorpião.

Ecdisteroides



Conforme a ecdisona em insetos, são comumente conhecidos como hormônios da muda que controlam o tempo de ecdise. Ao contrário dos vertebrados, os insetos não podem sintetizar o colesterol, base importante para formar ecdisona. Portanto, devem obtê-lo de seus alimentos.

Neuropeptídeos



Como hormônio desencadeador da ecdise em insetos e como hormônio inibidor da muda em crustáceos, são reguladores da síntese ou liberação dos ecdisteroides.

Sesquiterpenoides



Como o hormônio juvenil (JH), metil farnesoato (MF) e ácido farnesoico (FA), desempenham papéis importantes na regulação da muda e metamorfose e são produzidos em uma estrutura chamada *corpora alata* (próxima ao cérebro), nos insetos e no órgão mandibular de crustáceos, respectivamente. A distinção nos insetos entre as mudas que ocorrem no estágio larval de desenvolvimento e aquelas que resultam na transformação das larvas em outros estágios (pupas,

adultos) do ciclo de vida é controlada pelo hormônio juvenil, que controla o aparecimento de caracteres juvenis nos estágios larvais. A redução na quantidade ou a ausência do hormônio nas mudas posteriores resulta no aparecimento de caracteres maduros. O hormônio, no entanto, pode continuar a funcionar em adultos e muitas vezes é necessário para a produção normal de ovos em fêmeas.

É interessante observar que esse dado sobre os hormônios dos artrópodes pode nos ajudar também a combater algumas pragas causadas por insetos. Muitos compostos sintéticos imitam o efeito do hormônio juvenil. Substâncias que imitam a ação do hormônio juvenil às vezes são usadas como inseticidas, pois, se estiverem presentes em quantidades anormais nas fases posteriores do ciclo de vida, matam os insetos.

Evolução dos artrópodes

Os artrópodes compartilham muitas características com o filo Annelida, que compreende minhocas e sanguessugas. Ambos, artrópodes e anelídeos, são segmentados, e os membros da classe Poliqueta têm um par de apêndices em cada segmento. A estrutura do sistema nervoso em artrópodes é muito semelhante à dos anelídeos, e o plano básico em ambos os grupos mostra um coração tubular dorsal, que é então perdido ou modificado em alguns desses indivíduos. Os anelídeos possuem um celoma, que nos artrópodes está presente apenas em sua fase embrionária. Essa ausência na fase adulta está diretamente ligada a dois processos:

Evolução do exoesqueleto

Mudança no modo de locomoção

Os primeiros artrópodes fósseis aparecem no período Cambriano (541,0 milhões a 485,4 milhões de anos atrás) e são representados por trilobitas, merostômios e crustáceos. O mais antigo aracnídeo terrestre é do período Devoniano (419,2 milhões a 358,9 milhões de anos atrás), mas não pertence a nenhuma ordem viva. A maioria dos zoólogos reconhece quatro linhas principais da evolução dos artrópodes:

Trilobitas

Quelicerados

Crustáceos

Miriápodes

As relações dos artrópodes, tanto no filo quanto com outros filos animais, são incertas. Por muitos anos, acreditou-se que artrópodes e anelídeos eram intimamente relacionados — artrópodes provavelmente evoluindo de ancestrais anelídeos ou vice-versa. Entretanto, as análises modernas questionaram essa suposição, sugerindo que seus planos corporais segmentados de modo semelhante teriam de ter evoluído de forma independente. Ou seja, a segmentação entre esses grupos não seria homóloga.

Da mesma forma, muitos relacionamentos no grupo são igualmente instáveis. Por exemplo, acredita-se que os artrópodes terrestres — insetos e miriápodes — sejam intimamente relacionados. É possível que ambos derivem de um ancestral comum, mas, por outro lado, o acúmulo de evidências moleculares alia os insetos mais intimamente aos caranguejos e outros crustáceos, criando o grupo Pancrustacea, e liga os miriápodes aos caranguejos-ferradura e aracnídeos. Além disso, alguns grupos de animais foram incorporados ao Arthropoda. Um grupo de vermes parasitas conhecidos como pentastomídeos, por exemplo, hoje são considerados crustáceos altamente modificados.

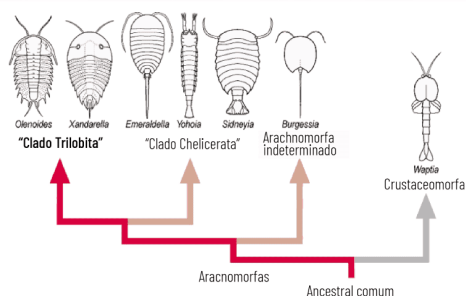
Falta pouco para atingir seus objetivos.

Vamos praticar alguns conceitos?

Questão 1

Atualmente distinguem-se dez ordens de Trilobitomorpha. Tais ordens apresentam características distintas, mas também similaridades que corroboram que o Trilobitomorpha é um grupo monofilético.

Os dois maiores clados de Arachnomorpha



Os dois maiores clados de Arachnomorpha.

Entre as características morfológicas que corroboram com a monofilia do grupo, podemos citar

- A presença de quelíceras em sua estrutura oral e corpo dividido em dois segmentos fusionados.
- B indivíduos de tamanho grande (acima de 20cm), com corpo dividido em opistossoma e prossoma.
- C indivíduos com cinco pares de pernas, corpo apresentando télson alongado, e que são predadores em sua maioria.
- D corpo trilobado longitudinalmente, dividido em céfalo, tórax e pigídio.
- E corpo apresentando antenas articuladas, com divisão em cabeça, tórax e abdome, além de apresentar quelíceras.

Parabéns! A alternativa D está correta.

Diversas características de trilobitas podem ser encontradas nos artrópodes atuais. Algo que é específico desse grupo são seus lobos bem definidos, divididos longitudinalmente em três.

Questão 2

Pesquisadores do Instituto de Geologia e Paleontologia de Nanjing da Academia Chinesa de Ciências (NIGPAS) descobriram o fóssil de um animal do gênero *Kylinxia*, que possuía cinco olhos e se assemelhava a um camarão. A descoberta, publicada na revista *Nature*, fornece importantes insights sobre a história evolutiva inicial dos artrópodes — filo que representa cerca de 80% de todas as espécies animais do mundo e cuja evolução ainda é um grande enigma para os cientistas.

(Fonte: GALILEU. **Fóssil de 520 milhões de anos com 5 olhos revela origem dos artrópodes**. Consultado na internet em: 29 ago. 2021.)

Além das características descritas anteriormente, alguns caracteres referentes à artropodização também permitiram o sucesso evolutivo dessa espécie fóssil. Tais características são

- A pernas com articulações duras e resistentes e grandes espaços celômicos.
- B estruturas sensoriais por todo o corpo e exoesqueleto fino.
- C apêndices articulados maleáveis e flexíveis, além de cerdas e outras estruturas sensoriais.
- D exoesqueleto rígido e asas.
- E olhos compostos complexos e sistema circulatório fechado.

Parabéns! A alternativa C está correta.

A artropodização se dá por diversas aquisições de novas características para os indivíduos da época. No caso, a presença de apêndices articulados maleáveis, possibilitando melhor movimentação, além do aumento da capacidade sensorial com estrutura como cerdas e até mesmo a formação de antenas, foi importante para o sucesso evolutivo.



3 - As relações entre os Chelicerata e seus impactos na vida humana

Ao final deste módulo, você será capaz de analisar as relações entre os Chelicerata e seus impactos na vida humana.

O que caracteriza um Chelicerata?

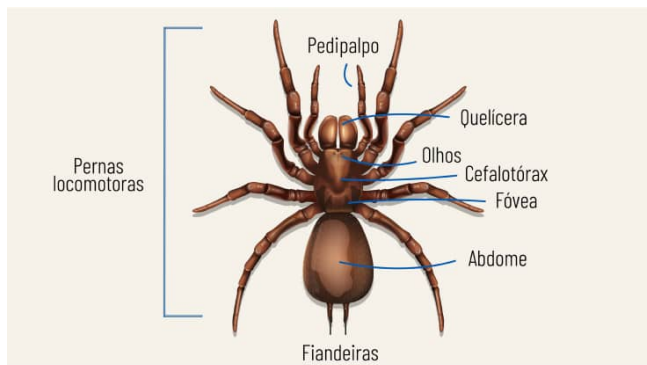
Certamente você já viu um quelicerado e deve ter tido algum tipo de reação emotiva, como o medo. Estamos falando de aranhas e escorpiões.

Mesmo apresentando uma grande diversidade de formas e de processos fisiológicos, existem alguns padrões que nos permitem conhecer melhor os quelicerados. Observe, por exemplo, a figura da anatomia externa de uma aranha a seguir.

Veja a divisão do seu corpo em duas partes, chamadas de **tagmas**. O prossomo (anterior) apresenta cerca de seis pares de apêndices e o opistossomo (posterior), em muitos grupos de quelicerados, apresenta uma estrutura chamada télson. Quando observamos os apêndices que estão no prossomo, encontramos as seguintes estruturas:

télson

É a porção terminal do corpo dos artrópodes, geralmente articulada. Nas aranhas, o télson é modificado para fiandeiras.



Anatomia externa de aranha.

Quelíceras

São estruturas que dão nome a esse grupo de artrópodes e possuem forma de pinça ou presas cuja função principal é alimentar. Servem para inocular veneno (em alguns grupos de aracnídeos), além de perfurar, cortar, sugar. Ainda, em alguns grupos, servem para escavar e vasculhar alimentos em substratos e para transportar gametas.

Pedipalpos

São estruturas alongadas e segmentadas que apresentam diversas funções, entre elas a de manipulação e moagem do alimento. Em alguns aracnídeos, os pedipalpos podem funcionar como mais um par de pernas ou até mesmo servir de espermatóforo, conduzindo espermatozoides. Em certos grupos de quelicerados, os pedipalpos apresentam glândulas de veneno.

Pernas locomotoras (quatro pares)

São pernas longas, articuladas, que apresentam grande importância na sustentação corporal, principalmente nos quelicerados terrestres que não se arrastam pelo chão.

A fisiologia dos quelicerados está relacionada com o ambiente em que vivem. Portanto, há uma grande diversidade de estruturas em seus sistemas fisiológicos. Vejamos!

Sistema respiratório



Apresenta as seguintes estruturas:

- **Brânquias foliáceas:** encontradas em xifosuros marinhos, são ramos ordenados de vasos branquiais aferentes originários de um vaso ventral.
- **Pulmão foliáceo:** encontrado principalmente em aranhas. Localiza-se logo no início do opistossomo e não adentra em muito a estrutura do quelicerado. Apresenta uma série de lamelas sobrepostas (espaços aéreos em contato com a hemocèle) que aumentam significativamente a superfície de captação de ar. O pulmão recebe oxigênio a partir de aberturas no opistossomo pelos espiráculos ou pelas fendas pulmonares.
- **Traqueia:** é um ducto condutor de gases, que se abre para o exterior por orifícios chamados espiráculos. Alguns quelicerados apresentam traqueia bem desenvolvida, que supre um sistema circulatório por vezes reduzido.

Sistema excretor



Apresenta as seguintes estruturas:

- **Túbulos de Malpighi:** são túbulos de fundo cego que absorvem os metabólitos por difusão e os direcionam até o tubo digestório, para posterior excreção pelo ânus. Mesmo tendo nome, forma e até mesmo função muito similar aos dos insetos, essa estrutura provavelmente é análoga e surgiu de forma independente nos quelicerados. Isso fica evidente quando se observa que o local de origem dos túbulos de Malpighi dos quelicerados é diferente nos insetos e miriápodes.

- **Glândulas coxais:** considerada primitiva, mas ainda existente em grande parte dos aracnídeos, por exemplo, as glândulas coxais são compostas por uma bolsa terminal chamada de sáculo, além de ductos e um reservatório, a bexiga. A glândula recebe esse nome pelo fato de se abrir para excretar os metabólitos (na coxa de aracnídeos).

Sistema nervoso



É típico dos artrópodes, a não ser pela forma como o cordão nervoso e o padrão de inervação seguem o formato de seu corpo, o que acaba o diferenciando de outros indivíduos.

Sobre os olhos dos quelicerados, observamos que indivíduos xifosuros (como o caranguejos-ferradura) apresentam olhos compostos, muito parecidos com os olhos dos insetos, enquanto outros aracnídeos apresentam olhos simples, com cristalino denso, capazes de captar luminosidade e, em alguns casos, formar imagens nítidas. A quantidade de olhos varia entre seis e oito.

Quem são os quelicerados?

Chelicerata é uma divisão do Arthropoda. Contém animais como aranhas, escorpiões, opiliões, ácaros e carrapatos. Como todos os artrópodes, o corpo e os membros são segmentados e possuem uma cutícula quitinosa espessa chamada **exoesqueleto**. Os quelicerados têm dois segmentos corporais evidentes: um cefalotórax e um abdome. Não apresentam antenas, mas seis pares de apêndices.

Os apêndices mais anteriores são chamados de **quelíceras**, que dão nome ao grupo, e normalmente são modificados em pinças ou presas. O par seguinte, os **pedipalpos**, também são comumente modificados. Os outros quatro pares posteriores de apêndices são normalmente usados para caminhar, por isso são comumente chamados de **pernas**.



Quelíceras em forma de presas de uma tarântula, um aracnídeo.

Além dos caranguejos-ferradura marinhos, os Chelicerata são encontrados principalmente em ambientes terrestres em todo o mundo, cerca de 80 mil espécies reconhecidas. A única classe da Chelicerata que não é totalmente marinha é a dos aracnídeos. O grupo Chelicerata é dividido em duas classes:

Pycnogonida

Representada pelas chamadas aranhas-do-mar.

Euchelicerata

Compreende desde os caranguejos-ferradura até as aranhas, os carrapatos e os escorpiões.

Pycnogonida: um quelicerado um tanto desconhecido

As aranhas-do-mar pertencentes à classe Pycnogonida andam no fundo dos oceanos ou rastejam entre algas e outros animais bentônicos na zona intermarés. São seres exclusivamente marinhos e tendem a ser bem pequenos, não excedendo 1cm de comprimento, exceto por algumas espécies polares cujas pernas chegam ao comprimento de 60cm. Apresentam cerca de 1.400 espécies descritas, mas, como são de regiões profundas, é bem provável que existam muito mais espécies.

A maioria dos picnogonídeos tem quatro pares de pernas longas anexadas a quatro segmentos em seu tronco, chamado de **prossoma**. A boca, uma abertura triangular no final de um apêndice elaborado (**probóscide**), é frequentemente mais longa e maior do que o corpo. A forma da probóscide define o tipo de alimentação que o picnogonídeo terá, porque seu formato pode limitar a entrada de alguns alimentos. Sua diversidade alimentar é bem ampla e complexa, mesmo com a limitação da probóscide, e é composta por organismos bentônicos e planctônicos.

Os picnogonídeos adultos cortam a superfície de suas presas com estruturas chamadas **quelíforos** e depois sugam os fluidos digeridos de invertebrados de corpo mole como hidróides (filo Cnidaria) e briozoários.

Seu **sistema digestivo** se ramifica desde seu esôfago em um intestino médio que alcança a base de cada uma das pernas, aumentando a superfície de absorção de nutrientes, como observado na imagem ao lado. Em seu abdome, bem reduzido, encontra-se a terminação do intestino, com a abertura do ânus.



Aranha-do-mar caminhando sobre um coral. Perceba suas pernas preenchidas pelo tubo digestivo.

Por conta de seu abdome diminuto, é de se esperar que os picnogonídeos não suportem a presença de sistemas fisiológicos complexos. O **sistema respiratório** se resume à difusão de oxigênio pelas pernas e distribui o gás por todo o corpo através de seu sistema digestivo. Como a relação da superfície desse animal com o seu volume é bem alta, outras partes do corpo também são abastecidas pelo processo de difusão de gases.

Os **sistemas excretor e circulatório** são pouco definidos. Os sexos são separados e a fertilização é aparentemente externa. Indivíduos de ambos os sexos apresentam seus poros genitais nas pernas.

Atenção

A classificação do grupo picnogonídeos é baseada na presença ou ausência de vários apêndices anteriores. Não há divisões ordinais claras dentro dos gêneros vivos, que são agrupados em cerca de uma dúzia de famílias.

Euchelicerata

A classe Euchelicerata do grupo Chelicerata abrange uma grande diversidade de animais e podem ser considerados como reais representantes dos quelicerados. Eles se dividem em duas subclasses:

Merostomata

Arachnida

Subclasse Merostomata: características morfofuncionais, ciclo de vida e aspectos ecológicos

Os merostomados estão divididos em três ordens, tendo apenas uma delas indivíduos recentes, a ordem dos Xiphosura. As outras duas ordens apresentam apenas indivíduos fósseis e por conta disso iremos

direcionar esse diálogo abordando os curiosos **límulos**.

Referido como um fóssil vivo, o caranguejo-ferradura mudou muito pouco em mais de 400 milhões de anos. Parente das aranhas, esse animal é facilmente identificado pela grande placa dorsal marrom-esverdeada em forma de capacete, chamada de cefalotórax ou prossoma. Uma placa separada cobre seu abdome. A espinha, chamada de espada, conhecida como espinha caudal ou télson, estende-se desde seu abdome. Medido da frente de sua placa dorsal até a ponta da espinha da cauda, o caranguejo-ferradura pode atingir 60cm de comprimento. Sua boca e seis segmentos corporais encontram-se sob sua placa dorsal; um par de membros é anexado a cada segmento.

Aqui no Brasil dificilmente você verá um desses seres, pois as populações de caranguejo-ferradura de hoje são distribuídas em poucos lugares. A espécie *Limulus polyphemus* vive na costa leste dos Estados Unidos, e outras quatro espécies vivem nas águas marinhas do sudeste da Ásia.

Esses animais são mais abundantes nas águas estuarinas, onde se alimentam de algas, vermes marinhos, alguns bivalves e outros moluscos e peixes mortos. Além disso, mesmo sendo incomum, os caranguejos-ferradura servem de alimento para humanos.



Representantes asiáticos do grupo Xiphosura.

Por serem marinhos, os límulos absorvem oxigênio da água usando 5 pares de brânquias foliáceas, como mostrado na imagem a seguir, com cerca de 150 lamelas sob o abdome. A troca gasosa ocorre na superfície das lamelas quando as brânquias estão em movimento. As gnelras também funcionam como remos para impulsionar os caranguejos-ferradura juvenis pela água. Por conta dessa alta captação de oxigênio, o caranguejo-ferradura possui um sistema circulatório desenvolvido. Um longo coração tubular desce pelo meio do prossoma e do abdome. O sangue oxigenado nas brânquias foliáceas é devolvido ao coração para distribuição por todo o caranguejo-ferradura.



Os caranguejos-ferradura têm um total de dez olhos usados para encontrar parceiros e detectar luz. Os olhos mais óbvios são os dois olhos compostos laterais, usados para encontrar parceiros durante a época de desova. Cada olho composto tem cerca de mil receptores ou omatídios, adaptados para mudar a maneira como funcionam durante o dia ou de noite. À noite, os olhos laterais são estimulados quimicamente para aumentar muito a sensibilidade de cada receptor de luz. Isso permite que o caranguejo-ferradura identifique outros caranguejos-ferradura na escuridão.



Na parte superior de seu prossoma, o caranguejo-ferradura tem cinco olhos adicionais. Diretamente atrás de cada olho lateral está um olho lateral rudimentar. Em direção à frente do prossoma há uma pequena crista com três manchas escuras. Dois são os olhos medianos e há um olho endoparietal. Cada um deles detecta a luz ultravioleta (UV) do sol e a luz refletida da lua, que ajudam o caranguejo a seguir o ciclo lunar, importante para o período de desova. Dois olhos ventrais estão localizados perto da boca, sem função conhecida. Vários fotorreceptores no télson constituem o último olho.

Saiba mais

O caranguejo-ferradura americano é coletado pela indústria biomédica desde 1960, porque contém um agente de coagulação muito primitivo em seu sangue chamado coagulogênio. A descoberta do coagulogênio em 1956 permitiu o desenvolvimento de uma substância chamada de Limulus Amoebocyte Lysate (LAL) para testar a presença de bactérias gram-negativas em injeções. Esse teste protege as pessoas de muitas bactérias nocivas que podem aparecer nos fluidos injetados no corpo (como drogas e soluções intravenosas) ou nas superfícies de instrumentos e recipientes médicos. Comparado com outros métodos que testam a presença de bactérias, o teste LAL é rápido: uma resposta pode ser fornecida em cerca de 45 minutos.

E como é realizada a reprodução dos animais desse grupo?

Explicação



Sobre a reprodução dos animais desse grupo, a desova ocorre em praias arenosas na primavera e no verão, geralmente após o pôr do sol e frequentemente durante as marés altas da primavera. Cada

fêmea, acompanhada por um ou mais machos, escava uma série de depressões na areia e põe uma ninhada de vários milhares de ovos em cada uma. Os machos cobrem os óvulos com esperma.

Após várias semanas, as larvas eclodem dos ovos, com cerca de 5mm de comprimento, sem o télson, e vivem de um estoque de vitelo, ainda associado à sua estrutura. Indivíduos no segundo estágio larval já apresentam uma cauda curta e nadam por curtos períodos se alimentando de pequenos organismos. Entre os estágios, a cutícula (revestimento externo) se divide ao redor da margem do cefalotórax e é eliminada. O crescimento em comprimento é de cerca de 25% imediatamente após cada muda. Os caranguejos-ferradura atingem a maturidade sexual após cerca de 16 mudas, com idade entre 9 e 12 anos. Os adultos maduros se alimentam de vermes marinhos (poliquetas) e frequentemente ficam cobertos por uma variedade de organismos incrustantes.

A Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas produzida pela União Internacional para Conservação da Natureza classificou o **caranguejo-ferradura americano** como uma espécie vulnerável em 2016 e o **caranguejo-ferradura japonês** como uma espécie em extinção em 2018. No entanto, os dados permanecem inconclusivos para as outras duas espécies.

Atenção

A coleta realizada por humanos combinada com a predação por uma ave americana chamada maçarico-de-papo-vermelho (*Calidris canutus rufa*), e ainda por raposas e guaxinins, parece ter contribuído para um declínio de 90% nas populações de caranguejos-ferradura americanos desde a década de 1990. Os caranguejos-ferradura japoneses também são coletados por humanos como alimento ou para desenvolver LAL. Outras fontes de mortalidade incluem perda de habitat, contrabando de ovos e captura acidental em redes de pesca.

Subclasse Arachnida: características morfofuncionais, ciclo de vida e aspectos ecológicos

Os temidos aracnídeos! Certamente você já se deparou com alguns deles em sua vida. O encontro pode ter sido casual, sem qualquer tipo de reação, ou talvez, um tanto quanto assustador. A questão é que esses animais trazem consigo uma série de estereótipos que foram criados ao longo do tempo e que de certa forma não colaboram para os estudos científicos. Vamos então desmistificar alguns dados, compreendendo melhor o que esse grupo tem a nos oferecer.



A grande diversidade de Acari, grupo contido em Arachnida.

Quem representa os aracnídeos?

De cara, só de olhar o nome, já referenciamos a subclasse Arachnida às aranhas, mas ela abrange muitos outros indivíduos. Ácaros, carrapatos, escorpiões, opiliões, pseudoescorpiões, amblipígios, palpígrados, entre tantos outros fazem parte desse grande grupo. Por isso não falaremos apenas das aranhas, mas dos principais indivíduos representantes dos aracnídeos.

Características evidentes aparecem nos seres desse grupo. Se construíssemos um plano básico que representasse essa subclasse, teríamos as seguintes estruturas: **prossoma** com um escudo superior, dando aspecto de uma fusão dos segmentos. Essa estrutura similar a uma carapaça é seguida por um **opistossoma** que pode ou não apresentar segmentos.

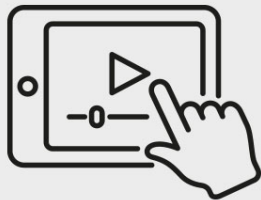
Faça uma breve comparação entre o opistossoma de um escorpião e o de uma aranha, são bem diferentes, não é? Para compreendermos melhor sobre essa diversidade de indivíduos, vamos observar rapidamente cada um deles.



Conhecendo os quelicerados esquecidos

É muito comum associarmos Chelicerata aos escorpiões e aranhas. Mas você já ouviu falar em um Palpígrado? Ou em um pseudoescorpião? Neste vídeo, o especialista Luiz Rafael Silva da Silva fala sobre outros quelicerados não tão famosos.

Para assistir a um vídeo sobre o assunto, acesse a versão online deste conteúdo.



Agora veja a seguir as características desses aracnídeos não tão famosos.

Amblipígios



Um fascinante amblipígio. Repare em seus palpos quelados.

São aracnídeos semelhantes a aranhas, comumente chamados de aranhas-chicote ou escorpiões-chicote sem cauda. Medem menos de 50mm de comprimento e podem ser extremamente achatados. Na verdade, ao olhar um amblipígio, você pode pensar que ele foi esmagado por algum pé desavisado. Como as aranhas, o corpo é dividido em duas seções por uma constrição medial ou pedicelo. No entanto, eles diferem das aranhas em muitos aspectos. O mais notável dos aspectos refere-se aos pedipalpos aumentados e raptorais (semelhantes a uma garra), armados com espinhos de desenvolvimento variável.

Outra característica única é seu primeiro par de pernas que parece uma antena altamente modificada, medindo até 25cm. Essas pernas funcionam como sensores táteis e geralmente uma é estendida na direção em que o animal está se movendo. Os Amblypygi geralmente andam de lado e são capazes de movimentos extremamente rápidos. O abdome é segmentado e possui seus segmentos claramente definidos e se fixa ao prossoma por meio de um pedicelo estreito, semelhante ao das aranhas.

Aranhas



Uma amostra da grande diversidade de aranhas.

Esses aracnídeos são instantaneamente reconhecíveis. O corpo da aranha possui uma constrição na região medial do corpo, também chamada de pedicelo, que é semelhante à observada nos amblipígios. As quelíceras da maioria das aranhas são únicas entre os aracnídeos, modificadas em presas que contêm dutos pelos quais o veneno é liberado. Outra característica exclusiva das aranhas é a presença de fiandeiras, órgãos especializados na produção de seda.

Embora os pseudoescorpiões e alguns ácaros também produzam seda, as aranhas são os únicos aracnídeos a utilizá-las em estratégias de captura de alimentos, formando teias, redes, linhas de tropeço ou para a construção de abrigos vivos.

Muitas aranhas também usam um fio de seda durante os primeiros estágios de vida para se dispersar. Os pedipalpos da maioria das aranhas são semelhantes a pernas e apenas em machos sexualmente maduros são modificados para reprodução.



As aranhas variam enormemente em tamanho: as menores podem ter menos de 0,5mm, enquanto as maiores tarântulas têm vãos das pernas que excedem 25cm. Várias espécies são de importância médica em razão dos efeitos de seus venenos, mas das muitas milhares de espécies conhecidas apenas uma pequena fração é considerada perigosa para os humanos.



Tarântulas.

As aranhas podem ser encontradas na serapilheira, sob pedras, troncos ou cascas de árvores, em tocas no solo, em cavernas ou associadas a teias distintas na folhagem das plantas ou sob saliências rochosas. É comum também algumas aranhas se abrigarem em calçados expostos.

Todas as aranhas são predatórias e suas presas incluem insetos, outras aranhas e, às vezes, espécies maiores, como pequenos vertebrados. As presas são geralmente mordidas e injetadas com veneno para imobilização — algumas espécies envolvem a presa em seda. A presa é digerida pré-oralmente antes de ser consumida, ou seja, a digestão começa a acontecer no ambiente externo.

Escorpiões



Escorpião imperador.

O fato de serem estudados e até mesmo cultuados desde gerações antigas explica a fama dos escorpiões como seres agressivos e mortais. Eles são instantaneamente reconhecidos pela infame picada venenosa no final do abdome em forma de cauda. A outra característica que torna os escorpiões facilmente reconhecíveis é a presença de pedipalpos quelatos em formato de pinças, que podem ser muito bem desenvolvidos em algumas espécies, enquanto finos e delicados em outras. Na parte inferior do corpo, os escorpiões possuem um par de apêndices únicos, pectinas (estruturas semelhantes a um pente), que captam texturas do solo, vibrações e aromas (usando mecanorrecepção e quimiorrecepção).

À noite, os escorpiões ficam fluorescentes sob a luz ultravioleta, como observado na imagem ao lado, que pode ser usada para localizá-los no campo. Globalmente, poucas espécies são comprovadamente fatais

para os humanos, embora em alguns países (por exemplo, o México) a mortalidade por picadas de escorpião é uma preocupação séria.



Escorpião brilhando no feixe de uma lâmpada ultravioleta.



Escorpião gigante *Heterometrus* da floresta de Western Ghats, de Maharashtra, Índia.

Muitos escorpiões se tornaram habitantes bem-sucedidos de desertos, onde escavam tocas subterrâneas profundas e espiraladas. Em algumas espécies de florestas e bosques, constroem tocas mais rasas, enquanto em muitas se abrigam sob rochas, troncos e cascas de árvores. Às vezes, os escorpiões são muito abundantes e seu impacto predatório nas comunidades de invertebrados é considerado significativo.

Ácaros e carrapatos

Diversidade: esta é a palavra que define a ordem dos acariformes. Simplesmente são os mais diversos e abundantes entre os quelicerados. Seu tamanho varia de 1mm até 1cm.

Os ácaros se distinguem de outros aracnídeos pela completa ausência de segmentação corporal. Não há divisão do corpo em cefalotórax e abdome.

O aparelho bucal e as estruturas sensoriais associadas formam uma estrutura anterior discreta conhecida como gnátossoma. Todo o resto das estruturas anatômicas de um ácaro (incluindo pernas, sistema nervoso central, ocelos quando presentes e sistemas reprodutivo e digestivo) está fundido em um único corpo não segmentado chamado opistossoma.



Ácaros.

Os acariformes têm uma variedade de cerdas sensoriais modificadas especializadas que os distinguem dos outros ácaros (parasitiformes e opilioacariformes). Isso mesmo, o grupo Acari é um grupo enorme, em que se encontram os três tipos de quelicerados com aspecto globoso, de estruturas tagmáticas fusionadas.

O acasalamento é variável nos ácaros. Alguns grupos transferem espermatozoides por acoplamento direto da região genital, normalmente usando um órgão masculino chamado edeago. Outros grupos transferem indiretamente os espermatozoides produzindo um espermatóforo que é colocado na abertura genital da fêmea, usando suas pernas ou quelíceras ou depositado no substrato, e após a deposição a fêmea o pega em sua abertura genital.

Normalmente, várias mudas ocorrem antes de um acariforme se tornar um adulto. As formas parasitárias geralmente têm alguma especialização de seu ciclo de vida associada a seus hospedeiros.

Acariformes habitam uma ampla gama de habitats bióticos e abióticos e seus modos de alimentação e tipos de alimentos refletem isso. Muitas espécies de vida livre mastigam pequenas partículas de matéria orgânica sólida. Alguns tornaram-se associados a vertebrados, como ácaros da poeira, ácaros da sarna e ácaros das penas.



Acaríneos parasitando uma estrutura vegetal.

Falta pouco para atingir seus objetivos.

Vamos praticar alguns conceitos?

Questão 1

Onde, nas aranhas, estão localizadas as glândulas de veneno?

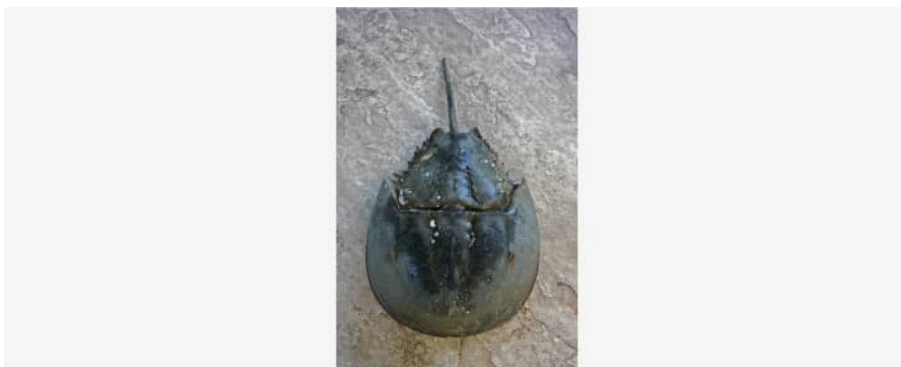
- A Em seus braços
- B Na região terminal de seu abdome
- C Na região cefálica
- D Em suas pernas
- E Na região posterior do tórax

Parabéns! A alternativa C está correta.

Aranhas armazenam seu veneno em bolsas na porção inicial de suas quelíceras, estruturas que se localizam na região cefálica dos quelicerados, no primeiro segmento.

Questão 2

Em uma expedição científica ao sudeste da Ásia, um grupo de graduandos de Biologia se depara com um invertebrado na costa rasa de uma praia. Um dos alunos tira uma foto e envia para seu orientador aqui no Brasil com a seguinte legenda: “Encontramos um trilobita vivo! Segue a foto”.



Trilobita.

O orientador responde ao e-mail de seu aluno com o seguinte texto: “Obrigado pela foto, mas você precisa estudar mais um pouco, pois sua classificação está errada. Isto não é um trilobita!”

Que tipo de características o professor observou para chegar a essa conclusão?

- A A imagem demonstra um Chelicerata Xiphosura. Ele não apresenta a divisão corporal em três lobos longitudinais dos trilobitas.
- B A imagem demonstra um Crustacea Decapoda, por apresentar um télson alongado.
- C A imagem demonstra um Chelicerata Xiphosura, que apresenta apêndices articulados, o que não ocorria em trilobitas.
- D A imagem demonstra um Crustacea Decapoda, chamado caranguejo-ferradura, e não um trilobitomorpho.
- E A imagem demonstra um Chelicerata Xiphosura. Não seria um trilobito, pois ele apresenta olhos, algo não encontrado no grupo pré-histórico.

Parabéns! A alternativa A está correta.

Por mais que haja uma semelhança morfológica e também de habitat entre trilobitas e xifosuros, esses animais pertencem a grupos muito distintos. Xifosuros são quelicerados. Trilobitas fazem parte do extinto grupo Trilobitomorpha. Além disso, o corpo do trilobita apresenta uma divisão bem destacada e diferente da morfologia dos xifosuros.

Considerações finais

Vimos que o Panarthropoda é um grupo que vem ganhando consistência filogenética desde o avanço dos estudos biomoleculares. Com isso, conseguimos identificar as relações entre os indivíduos de Tardigrada, Onychophora e Arthropoda.

Compreendemos também que o processo de artropodização foi fundamental para a conquista de diversos ambientes e para a resistência às pressões seletivas. Nos Arthropoda, temos o grande grupo Chelicerata, abrigando aranhas, escorpiões, límulos, entre outros seres que podem apresentar grande relevância para a população humana.

Na área de Saúde, algumas pesquisas com esses animais tendem a avançar, seja para a melhoria da qualidade de vida humana, seja para a prevenção de possíveis acidentes.



Podcast

Por onde você olha, um artrópode estará presente. O sucesso evolutivo desse grupo simplesmente influencia até hoje a vida e a cultura humana! Neste podcast, o especialista Luiz Rafael Silva da Silva fala o quão importante é essa influência.

Para ouvir o *áudio*, acesse a versão online deste conteúdo.



Referências

BARQUERO-GONZÁLEZ, J. P.; MORERA-BRENES, B.; MONGE-NÁJERA, J. **The relationship between humidity, light and the activity pattern of a velvet worm, *Epiperipatus* sp. (Onychophora: Peripatidae), from Bahía Drake, South Pacific of Costa Rica.** Brazilian Journal of Biology [on-line], v. 78, n. 3, p. 408-413, 2018.

CARBONARO, F. A.; GHILARDI, R. P. **Fósseis do devoniano de Goiás, Brasil (sub-bacia Alto Garças, Bacia do Paraná)**. Papéis Avulsos de Zoologia [on-line], v. 56, n. 11, p. 135-149, 2016.

CARVALHO, L. S. *et al.* **Checklist dos escorpiões (Arachnida, Scorpiones) do Mato Grosso do Sul, Brasil**. Série Zoologia [on-line], v. 107, suppl., e 2017108, 2 maio 2017.

GUIDETTI, E. B. *et al.* **Gastrotrichs and tardigrades in a remnant of Atlantic Forest (Serra do Japi, SP, Brazil)**. Biota Neotropica [on-line], v. 21, n. 2, e 20201165, 3 May 2021.

KACZMAREK, Ł.; DIDUSZKO, D.; MICHALCZYK, Ł. **New records of Mexican Tardigrada**. Rev. Mex. Biodiv., v. 82, n. 4, p. 1324-1327, dec. 2011.

MACHADO, C. A. D. *et al.* **Comparison of two rotary systems in bacteria/lps removal from endodontic infections: randomized clinical trial**. Brazilian Oral Research [on-line], v. 33 e 39, 16 May 2019.

MOREK, W.; CIOSEK, J.A.; MICHALCZYK, L. **Description of *Milnesium pentapapillatum* sp. nov., with an amendment of the diagnosis of the order Apochela and abolition of the class Apotardigrada (Tardigrada)**. Zoologischer Anzeiger, v. 288, p. 107-117.

LOZANO-FERNANDEZ, J. *et al.* **A molecular palaeobiological exploration of arthropod terrestrialization**. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, v. 371, n. 1699, p. 20150133. 2016.

SAMPAIO-COSTA, C.; CHAGAS-JUNIOR, A.; BAPTISTA, R. L. C. **Brazilian species of Onychophora with notes on their taxonomy and distribution**. Zoologia (Curitiba) [on-line], v. 26, n. 3, p. 553-561, Sept. 2009.

SANTOS, G. E. R. dos *et al.* **Ground spiders (Arachnida, Araneae) associated with urban forest fragments in southern Amazon**. Biota Neotropica [on-line], v. 20, n. 4, e20201062, 4 Dec. 2020.

Explore +

Para saber mais sobre os assuntos tratados neste conteúdo:

- Assista ao vídeo **Ataque Viscoso Bizarro**, do canal National Geographic Portugal, no Youtube. Nele você verá a poderosa arma de muco dos onicóforos.
- Leia o artigo **5 coisas que você precisa saber sobre os tadígrados**, de Isabela Moreira, na revista digital Galileu. A autora faz um pequeno guia demonstrando como você pode se deparar com essas incríveis criaturas.
- Acesse a reportagem na BBC News Brasil intitulada **O sangue azul de caranguejo que salva milhões de vidas todos os anos**. Você sabia que o sangue do *Limulus* pode salvar milhões de pessoas?

