

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
NÚCLEO DE EDUCAÇÃO CIENTÍFICA

GLÁUCIA COUTINHO ARAUJO
HUMBERTO COELHO NAPPO

**PROPOSTA DE ENSINO DE ZOOLOGIA DE INVERTEBRADOS PARA OS ANOS
FINAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL**

Brasília

2021

GLÁUCIA COUTINHO ARAUJO

HUMBERTO COELHO NAPPO

**PROPOSTA DE ENSINO DE ZOOLOGIA DE INVERTEBRADOS PARA OS ANOS
FINAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Núcleo de Educação Científica do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília como requisito parcial para obtenção do título de Licenciado(a) em Ciências Biológicas.

Orientadora: Prof.^a Dra. Thalita Quatrocchio Liporini

Brasília

2021

AA663p Araujo, Gláucia Coutinho
Proposta de Ensino de Zoologia de Invertebrados para os
Anos Finais do Ensino Fundamental / Gláucia Coutinho
Araujo e Humberto Coelho Nappo; orientador Thalita
Quatrocchio Liporini. -- Brasília, 2021.
118 p.

Monografia (Graduação - Ciências Biológicas) --
Universidade de Brasília, 2021.

1. Ensino de Ciências. 2. Ensino de Sistemática
Filogenética. 3. Pedagogia Histórico-Crítica. 4. material
didático-pedagógico. 5. livro paradidático. I. Liporini,
Thalita Quatrocchio, orient. II. Título.

GLÁUCIA COUTINHO ARAUJO

HUMBERTO COELHO NAPPO

**PROPOSTA DE ENSINO DE ZOOLOGIA DE INVERTEBRADOS PARA OS ANOS
FINAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Núcleo de Educação Científica do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília como requisito parcial para obtenção do título de Licenciado(a) em Ciências Biológicas. Este trabalho foi apresentado em sessão pública realizada em 19 de outubro de 2021 e aprovado pela seguinte banca examinadora.

Prof.^a Dra. Thalita Quatrocchio Liporini

Orientadora e Presidente da Banca

Prof.^a Dra. Júlia Mazinini Rosa

Membro Titular

Prof.^a Dra. Rosana Tidon

Membro Titular

Prof. Dr. Paulo César Motta

Suplente

Dedico este trabalho aos meus pais, que fizeram de mim quem eu sou hoje.

Gláucia Coutinho Araujo

Dedico este trabalho a todos os estudantes que, assim como eu, são irremediavelmente encantados pela biodiversidade.

Humberto Coelho Nappo

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por me proporcionar conquistas como esta.

Aos meus pais, por terem se empenhado em me proporcionar um ensino de qualidade ao longo de minha vida escolar e terem incentivado os meus estudos.

À nossa orientadora, professora Thalita Liporini, que aceitou nos conduzir nessa jornada desafiadora e prestou grandes contribuições para a nossa formação.

A todos que me ajudaram direta e indiretamente na conclusão desse trabalho e tiveram paciência comigo nos momentos de estresse.

Aos outros membros da banca examinadora, professoras Júlia Rosa e Rosana Tidon e professor Paulo César Motta, por lerem e oferecerem suas recomendações para melhorar o trabalho.

À professora Maria Rita, por suas sugestões e críticas construtivas.

Gláucia Coutinho Araujo

Agradeço à nossa orientadora, professora Thalita, cuja paciência e meticulosa orientação possibilitaram o desenvolvimento deste trabalho de conclusão de curso.

Aos demais membros da banca examinadora, professoras Júlia Rosa e Rosana Tidon, e professor Paulo César Motta, por aceitarem fazer parte da avaliação deste trabalho e contribuírem para a nossa formação enquanto professores e pesquisadores.

À professora Maria Rita, que com suas correções e apontamentos fez contribuições inestimáveis para a qualidade do trabalho.

E, por fim, à Gláucia, minha parceira e coautora deste trabalho, sem a qual o desenvolvimento deste projeto não seria possível.

Humberto Coelho Nappo

RESUMO

O ensino de Zoologia é frequentemente tido como memorístico em excesso e desinteressante para os estudantes. Além disso, essa área normalmente é tratada na Educação Básica através de uma perspectiva estanque, que não considera as relações evolutivas entre os grupos e o processo de transformação das linhagens. Este cenário reflete dois problemas. O primeiro é uma visão essencialista acerca da biodiversidade que é mantida e propagada por muitos professores, livros didáticos e documentos pedagógicos. O segundo, que se relaciona com o anterior, é uma formação docente inicial deficitária em Filosofia e História da Ciência. Desse modo, os objetivos deste trabalho foram identificar e analisar trabalhos que abrangessem a produção ou uso de materiais paradidáticos para o ensino de Zoologia publicados em revistas e eventos associados ao ensino de Ciências e Biologia e, a partir dos resultados, elaborar um recurso didático que viabilize o ensino de Zoologia por uma perspectiva evolutiva. A proposta consiste em um livro, respaldado pelos pressupostos da Pedagogia Histórico-Crítica, idealizado para auxiliar professores de Ciências a trabalhar a Zoologia junto a conteúdos da Sistemática Filogenética, de modo a promover a integração destes conhecimentos a conceitos provenientes do eixo central da Biologia: a Teoria da Evolução.

Palavras-chave: Ensino de Ciências; Ensino de Sistemática Filogenética; Pedagogia Histórico-Crítica; material didático-pedagógico; livro paradidático.

ABSTRACT

Zoology teaching is often seen as overly memorization-based and uninteresting for students. Beyond this, the area is usually treated in Basic Education through a static perspective, that does not account for evolutive relationships between the groups or the lineage modification process. This scenario reflects two problems. The first one is an essentialist view over the biodiversity, that is maintained and disseminated by many teachers, textbooks, and pedagogic documents. The second, which is related to the previous one, is a shortfall in Philosophy and History of Science in teacher's initial formation. Thereby, the goals of this work were to identify and analyze others works that comprised the production or application of didactic material in Zoology teaching published in journals and events related to Science and Biology teaching, and, from the results, formulate a didactical resource that enables teaching Zoology from an evolutionary perspective. The proposal consists in a book, endorsed by the Historical-Critical Pedagogy, idealized to help Science teachers approaching Zoology alongside Phylogenetics Systematics' concepts so to promote integration of this knowledge with the one originated from Biology's central axis: the Theory of Evolution.

Keywords: Science Teaching; Phylogenetic Systematic Teaching; Historical-Critical Pedagogy; didactic-pedagogical material; paradidactic book.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Identificação codificada dos trabalhos recuperados no levantamento.....	39
Quadro 2. Proporção de trabalhos recuperados em cada uma das fontes.....	40
Quadro 3. Enfoque dos trabalhos analisados.....	41
Quadro 4. Tipo de recurso proposto ou aplicado por cada trabalho.....	41

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABRAPEC – Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências

BNCC – Base Nacional Comum Curricular

CB – Ciências Biológicas

CN – Ciências Naturais

EC – Ensino de Ciências

EF – Ensino Fundamental

EM – Ensino Médio

ENEBIO – Encontro Nacional de Ensino de Biologia

ENPEC - Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências

PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais

PHC – Pedagogia Histórico-Crítica

PNI – Pesquisa de Natureza Interventiva

PNLD – Programa Nacional do Livro Didático

PNLEM – Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio

SBENBIO - Associação Brasileira de Ensino de Biologia

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	12
1. INTRODUÇÃO.....	14
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
2.1. Ensino de Zoologia	18
2.2. Fundamentos do ensino e da aprendizagem na Pedagogia Histórico-Crítica	20
2.2.1. O Conteúdo.....	24
2.2.2. A Forma.....	25
2.2.3. O Destinatário.....	29
2.3. A Sistemática Filogenética no Ensino.....	32
3. METODOLOGIA.....	35
3.1. Caracterização do Trabalho.....	35
3.2. Fases do Trabalho	36
3.2.1. Primeiro Momento	36
3.2.2. Segundo Momento	37
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
4.1. Primeiro Momento	39
4.2. Segundo Momento	44
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50
APÊNDICE	58

APRESENTAÇÃO

As Ciências da Natureza sempre despertaram meu interesse ao longo da minha formação na Educação Básica. Dessas, Biologia era a disciplina que eu tinha mais afinidade e predisposição de estudar. Desenvolvi muito dessa minha propensão no Ensino Médio e, no final desse período, meu desejo era de lecionar essa disciplina. Creio que essa vontade vinha da admiração que desenvolvi pelos meus professores que, apesar de inúmeras dificuldades, eram apaixonados pelo que faziam e lecionavam muito bem.

Nesse sentido, ingressei na Universidade de Brasília (UnB) em 2017, através do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) e, antes da aprovação, tinha o intuito de cursar Ciências Biológicas – Licenciatura. No entanto, acabei optando pelo bacharel por conta do turno, haja vista que a licenciatura ocorre no período noturno. Isso, na época, foi um empecilho para mim, pois moro longe da universidade e realizar o caminho de volta sozinha poderia ser perigoso durante a noite. Além disso, nesse momento inicial de ingresso, eu não tinha nenhuma experiência com a UnB e era a primeira da minha família a ingressar nessa instituição de ensino.

Fazendo uma reflexão sobre essa escolha, não me arrependo, pois sei que ela contribuiu muito para a formação do indivíduo que sou atualmente. No bacharelado, tive oportunidade de conhecer áreas muito interessantes e trabalhar diretamente com Bioacústica de morcegos e Primatologia. Durante esse período, participei de projetos de extensão, congressos, trabalhos voluntários e projetos de iniciação científica. Tive contato direto com a produção de conhecimento científico, lidando com seu rigor metodológico.

No entanto, mesmo com essas vivências, não desisti do meu objetivo de cursar licenciatura. Busquei, sempre que possível, ingressar nas disciplinas específicas desta modalidade. Relacionando o que aprendi nelas com minhas próprias experiências, vejo que, além de direcionar o processo de ensino e aprendizagem de Biologia, minha função enquanto professora vai além disso. Entendo que as orientações, como aquelas advindas de currículos, não devem ser encaradas como ponto de chegada das aulas e sim como ponto de partida, considerando a realidade social que influenciará na minha prática docente.

Gláucia Coutinho Araujo

Sempre fui fascinado pela diversidade biológica. Até na infância, assistir a documentários de vida selvagem e observar insetos eram passatempos mais atrativos do que os desenhos animados ou o futebol. Além disso, também era uma criança muito curiosa. Sempre gostei de entender as coisas, e nunca me dava por satisfeito com as meias respostas que normalmente são direcionadas aos infantes que insistem em perguntas difíceis. Com esse histórico, não surpreende que eu tenha me interessado cedo pelas Ciências da Natureza. Compreender os padrões que caracterizam o universo e os processos que o forjaram sempre me preencheu de uma satisfação sublime. Um pouco mais tarde, descobri um outro fascínio: dividir com os outros o conhecimento desses mesmo padrões e processos que eu tanto me encanto em aprender.

Graças ao meu deslumbramento com as Ciências da Natureza, em especial com as criaturas vivas, decidi prestar vestibular para Ciências Biológicas sem nunca cogitar uma segunda opção. A carreira acadêmica, para a qual me preparei ao longo do curso, sempre foi uma trajetória clara na minha mente, mesmo antes de ingressar na universidade. Não apenas ela representa uma maneira de estar continuamente aprendendo sobre os assuntos que tanto me fascinam desde criança, como também uma desculpa perfeita para passar o resto da vida falando sobre isso com outras pessoas. Não existe outra profissão que combine esses dois aspectos de maneira tão afinada.

Devido a esse gosto por aprender e ensinar, sempre me senti muito desapontado quando ouvia de colegas que o estudo da Biologia era maçante, em especial, devido ao inesgotável estoque de terminologias e nomenclaturas que demandam uma alta capacidade de memorização. Como poderia um glossário, mesmo que extenso, tornar monótono algo tão incrível? A resposta, como passei a entender mais tarde, talvez passe pela forma como esses conteúdos são apresentados e trabalhados em sala de aula. Movido por esse sentimento, me dediquei neste trabalho a tentar trazer para os estudantes um pouco do maravilhamento que eu sempre tive com o estudo da diversidade biológica e suas infinitas formas de grande beleza¹.

Humberto Coelho Nappo

¹Inspirado na conclusão do *On the Origin of Species*, Sean Carroll utilizou as mesmas palavras para batizar seu mais famoso livro: *Endless Forms Most Beautiful*.

1. INTRODUÇÃO

O Ensino de Zoologia é de elevada importância, pois possibilita ao ser humano compreender melhor sua relação com outros animais em um contexto ecológico-evolutivo (SANTOS; TERÁN, 2011). Além disso, é interessante o domínio de conceitos básicos desta grande área por alunos brasileiros, na medida que estes estudantes vivem em um país detentor de uma das maiores riquezas em biodiversidade do mundo (MYERS *et al.*, 2000) e seu estudo pode contribuir com o desenvolvimento de uma consciência ambiental que estimule a conservação das espécies.

Por sua vez, a área da Zoologia de Invertebrados faz parte do conjunto de conteúdos a serem abordados dentro da disciplina escolar de Ciências Naturais (CN) e tem por objetivo fomentar o conhecimento dos alunos sobre os animais invertebrados e sua história natural. No entanto, há problemas que inviabilizam o ensino desses conhecimentos biológicos, tais como: a formação dos docentes que atuam nos anos finais do Ensino Fundamental (EF), a forma memorística de ensino, a dependência de livros didáticos que contêm erros conceituais e a ausência de enfoque nas relações de parentesco (OLIVEIRA *et al.*, 2011).

No que compete à formação dos professores, uma análise da literatura aponta que grande parte dos docentes não tiveram uma formação adequada para lecionar os conteúdos de CN (LOPES, 2016; RIBEIRO; SEDANO, 2020). Isso ocorre, pois não há uma legislação que determine qual é a formação prioritária para os professores de CN nos anos finais do EF (RIBEIRO; SEDANO, 2020). Mediante essa falta de orientação, nota-se que muitos docentes dessa área possuem formação inicial em áreas não relacionadas às Ciências da Natureza, ou seja, não possuem licenciatura específica em CN, tampouco em Ciências Biológicas (CB), Física ou Química (LOPES, 2016; RIBEIRO; SEDANO, 2020; SANTOS; TERÁN, 2011).

Tal realidade foi retratada por Ribeiro e Sedano (2020) ao desenvolverem um levantamento com o objetivo de analisar o perfil do grupo de professores de CN dos anos finais do EF no estado da Bahia. O trabalho revelou a prevalência de professores licenciados oriundos de diversas áreas com uma predominância de pedagogos a frente dessa disciplina. Semelhante situação revela uma grave problemática, pois sabe-se que a prática docente de CN para os anos finais do EF conta com saberes específicos que não fazem parte da formação inicial de professores pedagogos (SANTOS; TERÁN, 2011).

Com relação aos professores com formação em CN ou CB, embora tenham tido acesso aos conceitos biológicos básicos durante sua formação no ensino superior, identificamos que alguns destes profissionais possuem dificuldades para lecionar conceitos relacionados à Zoologia. Santos e Terán (2011), ao investigarem as concepções relacionadas ao componente curricular de CN sobre o ensino de Zoologia, apontam que uma parte considerável dos discentes afirma não acreditar que foram adequadamente preparados para lecionar tal conteúdo no EF. Isso permite concluir que muitas das necessidades de instrumentação do ensino desses professores não foram eficazmente supridas pelas disciplinas pedagógicas ao longo de sua formação inicial (SANTOS; TERÁN, 2011). Para além disso, acredita-se que semelhante realidade possa ser oriunda da ausência de uma base de História e Filosofia da Biologia ao longo da vida acadêmica desses indivíduos (EL-HANI, 2006).

Considerando a Zoologia como um dos principais ramos da Biologia, é interessante refletirmos sobre a produção acadêmica relacionada a esta disciplina que abrange o Ensino de Ciências (EC). Em vista disso, é possível identificar uma certa displicência na literatura no que compete à produção de trabalhos direcionados aos anos finais do EF. Ao realizar uma verificação de dissertações e teses defendidas no período de 1972-2011 sobre o ensino de Biologia no Brasil, Teixeira e Megid-Neto (2017a) identificaram uma predominância de trabalhos sobre o Ensino Médio (EM) e a Educação Superior. O maior interesse direcionado a esses níveis de ensino pode ser justificado pela maior atuação dos formados em CB no EM e pela expansão dos cursos de pós-graduação no país (TEIXEIRA; MEGID-NETO, 2017a). Esses autores também apontam que, embora a produção acadêmica tenha se intensificado na década de 1990, o EC não é um objeto privilegiado de estudo.

Em linhas gerais, esses déficits contribuem para um ensino mecanicista de Zoologia. Sabe-se que essa temática, na Educação Básica, é abordada de modo excessivamente descritivo ou sem conexão com a realidade social (HEISER; BIANCHI, 2016; MARQUES; INEU MEDEIROS, 2020; SILVA; NETO; SHUVARTZ, 2017). No EF, o processo de ensino-aprendizagem desse tema é pautado na memorização de nomenclaturas e conceitos que, na maioria das situações, são abordados sem nenhuma relação com outros conhecimentos biológicos, principalmente os aspectos evolutivos (MARQUES; INEU MEDEIROS, 2020). Ademais, verifica-se que essa abordagem mais tradicional de ensino, uma vez empregada em sala de aula, torna o professor dependente de propostas de livros didáticos ou de aulas expositivas de perfil diretivo para conduzir seu trabalho (SANTOS; TERÁN, 2013).

Um grande fator responsável por fazer do aprendizado de Zoologia uma atividade descontextualizada e memorística é a herança da perspectiva aristotélica essencialista que ainda é mantida por muitos professores (AMORIM, 2008). Assim sendo, diversos autores acreditam que a chave para integrar e contextualizar o ensino de Zoologia é trabalhá-lo de forma associada à Sistemática Filogenética (LIPORINI, 2016; OLIVEIRA *et al.*, 2011; ROCHA; DUSO; MAESTRELLI, 2013), de forma a incorporar no ensino de Zoologia, aspectos evolutivos. Porém, a despeito da sua importância para uma compreensão mais profunda de conteúdos da Zoologia, Botânica e Evolução, este conhecimento é negligenciado por muitos professores e tratado de maneira indevida em muitos livros didáticos (LOPES, 2008). O cenário não é diferente quando se trata da produção acadêmica. O ensino de Sistemática Filogenética é apenas frugalmente representado entre publicações de revistas e eventos especializados no Ensino de Ciências, conforme constatado por Liporini (2016) e Liporini e Diniz (2019).

Nessa perspectiva, analisando o processo de ensino para o tema de Zoologia de Invertebrados, percebe-se que, além das dificuldades já apontadas, há alguns outros complicadores. Conforme mencionado por Heiser e Bianchi (2016), o estudo dos seres invertebrados pode não despertar tanto o interesse dos alunos, quando comparado ao dos vertebrados, pelo fato de aquele grupo conter em sua composição animais minúsculos, raramente vistos pelos discentes, e detentores de uma beleza pouco expressiva. Ademais, Oliveira *et al.* (2011) apontam que, historicamente, as aulas de Ciências e os livros didáticos corroboram uma visão de inferioridade dos invertebrados quando comparados aos vertebrados.

Ainda, é interessante pontuar que Santos e Terán (2013) revelam que grande parte dos professores de CN entrevistados desejam ter acesso a materiais específicos para o ensino de Zoologia. Isso, geralmente, ocorre em decorrência do acesso limitado de informações que os livros didáticos disponíveis nas escolas fornecem aos professores (OLIVEIRA *et al.*, 2011; SANTOS; TERÁN, 2013). Nessa perspectiva, o uso de recursos didáticos pode ser uma ferramenta de auxílio ao trabalho desses profissionais. No que compete ao ensino de Zoologia, esses materiais podem direcionar a prática docente, de modo que a torne mais articulada aos fatores sociais que a influenciam e auxiliie o professor a transformar o saber sistematizado em saber escolar. Uma vez que esses profissionais se tornam detentores dessa capacidade, pode haver uma participação e avaliação mais intensa e criteriosa sobre a escolha dos materiais que irão compor suas aulas. Isso é relevante, pois evita os efeitos da padronização mecanicista dos materiais diretivos e a abordagem rasa dos conteúdos.

Esse conjunto de problemáticas apontadas tornam o ensino de Zoologia de Invertebrados dificultoso de ser ministrado e pouco atrativo para os estudantes (MARQUES; INEU MEDEIROS, 2020). Uma possível explicação para tal realidade é que o EC comumente se desenvolve de modo alheio aos aspectos materiais e sociais, partindo de pressupostos e ideários pedagógicos não críticos (CAMPOS, 2017). Teixeira (2003) descreve esse cenário como preocupante para formação dos alunos, uma vez que esse modo de ensino “[...] sem compromisso com a sociedade, apolítico e descontextualizado, portanto, desarticulado com as questões sociais [...] não garante aos educandos a compreensão dos conceitos e habilidades básicas relacionadas à Ciência [...]” (TEIXEIRA, 2003, p. 98).

Com a pretensão de superar as problemáticas oriundas desse ensino pouco comprometido com os aspectos sociais e fomentar uma apropriação dos conteúdos científicos ensinados aos estudantes, o presente trabalho adotou os pressupostos da Pedagogia Histórico-Crítica (PHC) como fundamento teórico-metodológico e analítico-interventivo. Tal teoria pedagógica também possui um papel mediador, uma vez que, por meio do trabalho educativo, os indivíduos singulares são humanizados quando têm acesso ao conhecimento constituído historicamente (SAVIANI, 2011).

Considerando as reflexões expostas até então, a finalidade deste trabalho é analisar publicações de revistas e eventos relacionados ao Ensino de Ciências e Biologia que abordem o Ensino de Zoologia e, mediante os resultados obtidos, desenvolver um recurso didático-pedagógico que contemple o Ensino de Zoologia de Invertebrados para os alunos dos anos finais do Ensino Fundamental a partir de uma perspectiva evolutiva e pautado nos fundamentos teórico-metodológicos da Pedagogia Histórico-Crítica.

De maneira mais específica, os objetivos da pesquisa são: (1) Verificar trabalhos publicados entre 2016 e 2020 em revistas e eventos relacionados ao Ensino de Ciências e Biologia que abordem o Ensino de Zoologia nos anos finais do Ensino Fundamental; e (2) Elaborar um material didático-pedagógico partindo de uma postura crítica-superadora do que já foi produzido, baseado nos fundamentos teórico-metodológicos da Pedagogia Histórico-Crítica para o ensino de Zoologia de Invertebrados para alunos dos anos finais do Ensino Fundamental.

Na próxima seção deste trabalho, são desenvolvidas discussões acerca de alguns problemas que afligem o ensino de Zoologia no Brasil, dos fundamentos teóricos da PHC e sua relação com a tríade conteúdo-forma-destinatário e das contribuições da Sistemática

Filogenética para o ensino. Na seção subsequente, esta pesquisa é caracterizada e o percurso metodológico seguido durante a revisão bibliográfica e a produção do material é apresentado. Na sequência, os resultados da revisão e da elaboração do recurso são apresentados e discutidos à luz do referencial teórico. Por fim, no apêndice, este trabalho traz o livro elaborado pelos autores.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Ensino de Zoologia

Santos e Terán (2013) diagnosticam no ensino de Zoologia, dentre outras questões, uma dependência excessiva dos professores em relação ao livro didático e à aula expositiva, e uma carência de paradidáticos alternativos. Essas problemáticas, contudo, segundo os próprios autores, são características compartilhadas com outros temas do ensino de Ciências como um todo. A respeito do ensino de Zoologia em particular, diversos autores o consideram demasiadamente descritivo, desnecessariamente focado na memorização de nomenclaturas e desconexo da realidade dos estudantes (HEISER; BIANCHI, 2016; MARQUES; INEU MEDEIROS, 2020; SILVA; NETO; SHUVARTZ, 2017). Essas críticas estão alinhadas com as tecidas por Krasilchik (2004), que também discute a falta de conexão entre conteúdos trabalhados no ensino de Biologia.

A acomodação com o uso do livro didático apontada por Santos e Terán (2013) ganha contornos ainda mais graves quando os livros são examinados com atenção. Silveira *et al.* (2013) demonstram como conteúdos de Zoologia são abordados de maneira descontextualizada em livros aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM). Silva *et al.* (2019) apontam como livros de uso corrente na rede pública trabalham o filo *Platyhelminthes* por abordagens simplistas. Em um trabalho similar, Santos *et al.* (2007) comparam materiais apostilados e livros didáticos e concluem que ambos apresentam erros conceituais ao tratar do filo *Mollusca*.

Em uma análise mais abrangente, Azevedo, Oliveira e Santos (2019) analisam alguns livros aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD). Esses autores verificam que a maioria prioriza uma abordagem utilitarista do ensino de Zoologia, enquanto a perspectiva evolutiva é relegada ao segundo plano. Longe de ser um problema exclusivo dos livros didáticos, conforme exposto por Liporini (2020), a perspectiva utilitarista é a concepção de

ensino propagada pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs). Apesar dos PCNs alegarem que o ensino da biodiversidade deve partir de uma perspectiva evolutiva (BRASIL, 1998, 2000), tal qual a BNCC, eles definem os objetivos da educação em termos do desenvolvimento de competências, o que acaba por negligenciar a aquisição do conhecimento científico em si (LIPORINI, 2020).

No que compete à carência dos livros didáticos, esta pode ser suprida, pelo menos em caráter paliativo, pelo uso de materiais paradidáticos. Isso ocorre, pois esses recursos podem complementar falhas do ensino tradicional e estimular a participação dos estudantes (CASTOLDI; POLINARSKI, 2009). Esse efeito estimulante pode ser um diferencial inestimável, em especial para o ensino de conteúdos tidos como excessivamente memorísticos e descontextualizados, como é o caso da Zoologia (HEISER; BIANCHI, 2016; MARQUES; INEU MEDEIROS, 2020; SILVA; NETO; SHUVARTZ, 2017). De fato, Oliveira (2017) verificou que a maior dificuldade dos professores de Ciências e Biologia no ensino de Zoologia é justamente a falta de recursos pedagógicos auxiliares, como laboratório, coleções zoológicas e materiais didáticos. No mesmo trabalho a autora também observa que o uso de recursos didáticos é a sugestão mais comum e a abordagem preferida dos professores para o ensino de Zoologia. Estes resultados estão em linha com os de Santos e Terán (2013), que mostram que a maioria dos professores de Ciências sentem uma carência por recursos didáticos específicos para a Zoologia.

A despeito da necessidade, essa área é negligenciada com respeito à produção de recursos didáticos. No ano de 2021, em conjunto com outros colegas, os autores do presente trabalho promoveram um levantamento bibliográfico sobre a aplicação de materiais paradidáticos no ensino de Ciências. Essa atividade foi realizada no âmbito da disciplina *Práticas de Educação em Ciências I*, do curso de licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade de Brasília. Através do levantamento, foi constatado que apenas três, dos 28 trabalhos recuperados de duas edições do ENEBIO e de duas revistas especializadas descreviam situações de uso de materiais para o ensino de Zoologia.

Conforme exposto acima, o ensino de Zoologia tipicamente prioriza a memorização de nomenclaturas, o que acaba por eclipsar questões históricas como as noções de evolução e transformação dos organismos. À luz do levantamento bibliográfico realizado neste trabalho – e que será tratado posteriormente – também é possível verificar uma preocupação excessiva com a forma como os conteúdos são ensinados (como ensinar?), mais do que com os conteúdos em si (o que ensinar?) e com a finalidade do ensino (para que ensinar?). Este enviesamento, que

privilegia o “como?”, às custas do “o que?” e do “para que?” é característico de um vício na lógica formal, o que gera uma desconsideração pelas questões histórico-filosóficas. O descaso por estas matérias pode ser explicado por uma deficiência na formação docente dos professores em relação à Filosofia e História das Ciências. Segundo El-Hani (2006, p. 5):

[...] a formação de professores e pesquisadores tipicamente se limita aos aspectos teóricos e práticos das várias ciências e não fornece referenciais históricos e filosóficos necessários para suas práticas profissionais. Apesar das transformações sociais dos últimos 60 anos, [...] os currículos de Ciências praticamente não mudaram, retratando a prática científica como se fosse separada da sociedade, da cultura e da vida cotidiana, e não possuísse uma dimensão histórica e filosófica.

Esse déficit também pode ser observado nos livros didáticos de Biologia, que tratam a história dessa área em um contexto muito restrito e linearizado (CARNEIRO; GASTAL, 2005), ou seja, tratam a história da Biologia por uma perspectiva formal, ao invés de dialética. Esta abordagem pode ser considerada equivocada uma vez que é a lógica dialética que se preocupa com as questões do movimento histórico e da transformação, enquanto a lógica formal se ocupa das questões estáticas (SAVIANI, 2015). Novamente, é possível ver como a dependência extremada do uso do livro didático, traz prejuízos para o ensino de Zoologia.

2.2. Fundamentos do ensino e da aprendizagem na Pedagogia Histórico-Crítica

A Pedagogia Histórico-Crítica (PHC), proposta por Dermeval Saviani, é uma teoria pedagógica que se coloca como uma alternativa para superar os limites apresentados pelas teorias crítico-reprodutivistas e não-críticas (SAVIANI, 2008). Dentre as inúmeras contribuições de seu trabalho, Saviani (2008) desenvolveu uma análise sobre as principais tendências pedagógicas, dividindo-as em dois âmbitos: um primeiro grupo que corresponde às teorias que compreendem a educação como um meio para a superação da marginalidade; e o segundo, por sua vez, é aquele que entende o processo educacional como um fator de promoção da discriminação social, ou seja, da marginalização.

Esse mesmo autor denominou as teorias do primeiro grupo como “teorias não-críticas” ou “teorias acrílicas”, sendo essas: pedagogia tradicional, pedagogia nova e pedagogia tecnicista (SAVIANI, 2008). Nessa perspectiva, essas três tendências pedagógicas têm em comum o fato de assumirem a educação como uma ferramenta de erradicação da marginalidade. Tais teorias, e mais notadamente a pedagogia tradicional, eram caracterizadas pela busca da transmissão lógica dos conhecimentos acumulados pela humanidade. No entanto, esse carácter universal dado à apropriação do conhecimento era incompleto, uma vez que o trabalho

pedagógico se desenvolvia de modo alheio às relações sociais e suas determinantes. Além disso, conforme apontado por Saviani (2008), o ensino tradicional acabou por aprofundar a marginalidade que julgava combater, uma vez que, nesse contexto, a escola não era acessível a todos e, nem sempre, aqueles que nela ingressaram eram bem-sucedidos.

Tendo por preceitos a superação da metodologia e do autoritarismo da pedagogia tradicional, surge a pedagogia nova ou *escolanovismo*. Nessa corrente pedagógica, o marginalizado não é mais o ignorante, e sim o rejeitado. Por isso, os alunos tornam-se centro do processo de aprendizagem, e a eles é direcionado um tratamento distinto com o objetivo de promover a sua adaptação e aceitação social. Tratava-se de uma “teoria pedagógica que considera que o importante não é aprender, mas aprender a aprender” (SAVIANI, 2008, p. 8). No entanto, Saviani (2008) aponta que essa metodologia não conseguiu modificar significativamente o panorama escolar em decorrência dos altos custos de sua implementação, o que dificultou seu acesso aos mais pobres. Além disso, considerando que as classes mais baixas têm na escola o único meio de acesso ao saber sistematizado, a despreocupação com a transmissão do conteúdo rebaixou o nível de ensino a elas direcionado, estimulando a sua marginalidade (SAVIANI, 2008).

Mediante as experiências frustradas com as pedagogias anteriores e com a necessidade de adequar o processo educacional ao desenvolvimento industrial da época, a pedagogia tecnicista se desenvolveu. Essa corrente pedagógica objetivava a mecanização e a padronização do ensino, uma vez que tinha por base os pressupostos da neutralidade científica, racionalidade, produtividade e eficiência (SAVIANI, 2008). Por conseguinte, o foco do ensino passou a ser o processo e, portanto, a organização racional dos meios, sendo que professores e alunos assumem uma posição de menor significância, devendo se adequar às necessidades da prática educativa. Conforme apontado por Saviani (2008), o marginalizado tornou-se improdutivo, isto é, aquele indivíduo que não é capaz de contribuir com o aumento da produtividade social.

Em oposição às teorias não-críticas, que viam a educação como forma de adaptar o sujeito à sociedade para haver a superação da marginalização, as teorias crítico-reprodutivistas percebem a íntima relação entre educação e sociedade. Saviani aponta que se encaixam nessa categoria três correntes pedagógicas, a saber: teoria do sistema de ensino como violência simbólica, teoria da escola como aparelho ideológico de estado e teoria da escola dualista. Em linhas gerais, essas teorias “postulam não ser possível compreender a educação senão a partir dos seus condicionantes sociais” (SAVIANI, 2008, p. 13). Considerando o seu caráter reprodutivista, essas não trazem nenhuma proposta pedagógica, mas compreendem que a

prática escolar corrobora para a manutenção da estrutura social vigente. Dessa forma, possuem um papel de denúncia, uma vez que apontam ser a educação um instrumento a serviço da classe dominante, a fim de manter-se no poder.

Considerando a realidade tendente pelas teorias observadas, Saviani (2008) aponta a necessidade de haver uma corrente pedagógica para superar as teorias reprodutivistas e não-críticas, reconhecendo a relação dialética entre educação e sociedade, e articulada às necessidades dos oprimidos. Assim, essa corrente que objetiva ser crítica sem ser reprodutivista, isto é, que assume um compromisso com a transformação social, Saviani chama de Pedagogia Histórico-Crítica (PHC).

Nessa perspectiva, é necessário destacar que a PHC possui duas bases bem claras em sua formulação, sendo uma delas o Materialismo Histórico-Dialético. Esse referencial é um fundamento da teoria proposta por Karl Marx (1818-1893), e, portanto, considera a contradição entre acúmulo de capital e trabalho. Mais especificamente, aborda que a condição material é o que determina a consciência do sujeito social e não o inverso. Quando se pondera essa questão no âmbito educacional, percebe-se que isso está relacionado à escolha dos conhecimentos a serem ensinados na educação escolar e, conseqüentemente, que irão influenciar a concepção de mundo dos indivíduos (MARTINS, 2018).

A segunda base da PHC é a Psicologia Histórico-Cultural que é uma teoria psicológica que também é fundamentada no Materialismo Histórico-Dialético. Essa vertente teve como principais fundadores Lev Semenovich Vygotsky (1896-1934), Alexis Nikolaevich Leontiev (1903-1979) e Alexander Luria (1902-1977) e, nela, a formação do sujeito tem estreita relação com a atividade social. Ainda, preconiza que a educação escolar é promotora do desenvolvimento dos indivíduos, uma vez que a ela cabe a transmissão de conceitos mais complexos, como os científicos (MARTINS, 2018).

Essa teoria aponta a distinção entre “conceitos espontâneos” e “conceitos científicos”. Os primeiros, ou seja, conceitos espontâneos, são aqueles desenvolvidos no meio social, geralmente, de forma não intencional. Já os segundos fazem referência ao saber sistematizado e intencional que é dever da educação escolar e possibilitam um verdadeiro conhecimento da realidade (MARTINS, 2018). Dessa forma, entende-se que:

[...] a escola é o *locus* privilegiado para a socialização do saber sistematizado; os conteúdos escolares devem pautar-se nos conhecimentos científicos, artísticos e filosóficos historicamente elaborados e referendados pela prática social da humanidade; a educação escolar é um processo privilegiado para, no âmbito do ensino, promover o desenvolvimento equânime dos indivíduos; a tarefa central da

educação escolar é a formação das novas gerações na base de apropriações representativas das máximas conquistas do gênero humano, desenvolvendo nelas a capacidade para se imporem como sujeitos da história. (MARTINS, 2018, p. 95)

Percebe-se pelas bases da PHC que, nessa corrente pedagógica, a educação escolar possui uma função mediadora e superadora frente às outras vertentes (GALVÃO; LAVOURA; MARTINS, 2019). Dentro dessa perspectiva e entendendo que a função da escola é a sistematização de saberes e sua transmissão (SAVIANI, 2008), Galvão, Lavoura e Martins (2019) apontam a necessidade de considerar alguns aspectos como premissas da atividade educativa, a saber: o reconhecimento de que o saber não é neutro; a identificação das formas mais desenvolvidas que expressam o saber produzido historicamente; a conversão do saber objetivo em saber escolar e o provimento das melhores formas e meios para que os estudantes assimilem o conhecimento de modo processual.

Desse modo, é reconhecido que a escola tem muita relevância, pois, ao assumir seu papel social, pode ser um instrumento de luta da classe explorada frente à dominação imposta (SAVIANI, 2008). Assim como as teorias crítico-reprodutivistas, essa corrente parte do reconhecimento de que a escola é um espaço que sofre as consequências do conflito de interesses de uma sociedade dividida em classes (OLIVEIRA SANTOS, 2018). No entanto, além desse reconhecimento, a PHC não se limita em aceitar essa relação e, portanto, não assume de modo passivo que a função escolar é exclusivamente institucionalizar a marginalidade. Em vista disso, Saviani (2008) reconhece a necessidade de que os oprimidos tenham garantido o acesso ao conhecimento que os leve a pensar e agir socialmente.

Nessa perspectiva, admite-se, portanto, a importância da realização do trabalho educativo, para que o indivíduo singular assimile o conjunto de conhecimentos e se torne de fato humano (SAVIANI, 2008). Isso acontece, pois, com esse processo, os sujeitos são capazes de assimilar a humanidade produzida histórica e coletivamente pelos homens. Dessa forma, mediante posto por Saviani (2011), identifica-se que a natureza da educação é a realização de trabalho não material; a especificidade da educação consiste no trabalho escolar, o qual possui características próprias; e o objeto da educação é a identificação de conhecimentos para constituírem o saber objetivo e sistematizado e viabilizar as condições de aprendizagem. Tendo esses atributos em vista, esse autor ainda elencou três elementos educacionais que deverão pautar todo o trabalho didático, a saber: conteúdos, formas e sujeito do processo educativo.

Ainda, sobre o objeto da educação, esse refere-se ao aluno concreto e caracterizado como uma síntese de múltiplas determinações (GALVÃO; LAVOURA; MARTINS, 2019).

Assim, Martins (2011), ao ponderar sobre a PHC considerando alguns aspectos do desenvolvimento do psiquismo em um contexto escolar, desenvolveu a ideia da tríade conteúdo-forma-destinatário. Esse novo formato torna possível melhor compreender as necessidades dos alunos na educação escolar, pois considera seu processo de desenvolvimento. Além disso, esses elementos devem ser considerados como dialeticamente articulados (GALVÃO; LAVOURA; MARTINS, 2019).

2.2.1. O Conteúdo

Conforme abordado por Galvão, Lavoura e Martins (2019), a necessidade da educação escolar provém de duas características básicas de humanização. A primeira refere-se à forma em como são saciadas suas necessidades, uma vez que essas são supridas com produtos provenientes de atividade social, ou seja, por meio de objetos produzidos em virtude do trabalho humano (GALVÃO; LAVOURA; MARTINS, 2019). Ainda, conforme esses autores, isso nos difere de outros animais, uma vez que ao contrário de nós, esses têm suas necessidades sanadas por produtos de origem natural e que não requerem, portanto, qualquer transformação ou objetificação.

A segunda característica básica do processo de humanização relaciona-se com a produção e transmissão de conhecimentos. Galvão, Lavoura e Martins (2019) apontam que, dessa necessidade de apropriação da natureza, desenvolveu-se uma cultura de formação e acúmulo de saberes. Nesse sentido, a transformação da natureza possui um caráter universal, pois o conhecimento necessário para essas atividades transcende o seu tempo de produção e atinge gerações posteriores, servindo de base para o desenvolvimento de novas descobertas (GALVÃO; LAVOURA; MARTINS, 2019).

Considerando o desenvolvimento histórico-social do gênero humano e a universalidade do conhecimento, surge a necessidade da educação escolar. Saviani (2011) aponta que os conteúdos escolares são importantes, pois asseguram relações pedagógicas que são historicamente formadas. Nessa acepção, a PHC compreende a escola como uma instituição cujo objetivo é fornecer um conjunto de conhecimentos fundamentais sobre ciências, filosofia e artes que são essenciais para o desenvolvimento pleno do indivíduo (GALVÃO; LAVOURA; MARTINS, 2019).

Saviani (2011) faz uma relação entre a necessidade de transmissão desse conjunto de conhecimentos com o conceito de clássico, sendo que este refere-se a “aquilo que se firmou como fundamental, como essencial. Pode, pois, constituir-se num critério útil para a seleção dos conteúdos do trabalho pedagógico” (SAVIANI, 2011, p. 13). Reconhecendo que a escola tem por função a socialização do saber sistematizado (SAVIANI, 2008), percebe-se essa noção de serem os conhecimentos clássicos os orientadores para a escolha dos conhecimentos básicos a serem ministrados no espaço educacional, considerando, inclusive, sua relação com o saber cotidiano.

Nessa lógica, é relevante a reflexão sobre tal conceito, pois, percebe-se a existência de conhecimentos fundamentais que podem embasar o Ensino de Zoologia (LIPORINI, 2016; MAYR, 2008). Seguindo os pressupostos da Pedagogia Histórico-Crítica, a Sistemática Filogenética deve ser considerada um conteúdo clássico para o ensino de Ciências e Biologia (LIPORINI, 2016). A classificação biológica ocupa um papel central na Biologia por uma série de razões, algumas das quais são enumeradas por Ernst Mayr (2008, p. 176-177):

(1) É a única ciência que fornece um quadro da diversidade orgânica existente na Terra. (2) Fornece a maior parte da informação necessária para reconstituição da filogenia da vida. (3) Revela diversos fenômenos evolutivos interessantes e os disponibiliza para estudos causais feitos por outros ramos da biologia. (4) Fornece quase exclusivamente a informação necessária para ramos inteiros da biologia [...]. (5) Proporciona sistemas de ordenação ou classificações que são de grande valor heurístico ou explicativo para a maioria dos ramos da biologia [...]. (6) Através de seus maiores expoentes, a sistemática deu contribuições conceituais importantes, como o pensamento populacional [...].

Diante da argumentação de Mayr (2008), Liporini (2016) reconhece a Sistemática Filogenética como um conteúdo clássico do ensino de Ciências e Biologia, no que é seguida por Campos (2017). Dessa forma, na condição de conteúdo clássico, o ensino da classificação biológica pela Sistemática Filogenética é entendido no presente trabalho como essencial para integrar o ensino da diversidade biológica às outras áreas da Biologia, em especial à Teoria da Evolução. Essa associação é imprescindível uma vez que a Evolução Biológica é considerada um eixo integrador de conteúdos na Biologia (AMORIM, 2008; LIPORINI *et al.*, 2020; OLEQUES *et al.*, 2011; ROSA, 2018).

2.2.2. A Forma

Conforme Saviani (2011, p. 65), “a questão central da pedagogia é a questão dos métodos, dos processos.” Dessa forma, nota-se a necessidade da transformação do saber

elaborado em saber escolar, isto é, a forma só faz sentido quando possibilita aos sujeitos o acesso e o domínio dos conteúdos. Desse modo, é clara a relação entre a seleção de conteúdos e sua organização curricular a fim de alcançar uma educação qualificada (GALVÃO; LAVOURA; MARTINS, 2019). Isso implica na percepção de uma estreita relação entre conteúdo e forma com o destinatário, isto é, com o aluno.

Desse modo, a PHC não conta com uma única técnica de organização do trabalho didático, pois seria impossível que, nessa organização, fossem consideradas as peculiaridades cotidianas enfrentadas por alunos e professores. No entanto, a discussão sobre como fomentar a transmissão de conteúdos escolares na PHC fez com que houvesse uma mecanização da didática dessa orientação pedagógica em cinco passos lineares, a saber: *prática social inicial, problematização, instrumentação, catarse e prática social final* (GALVÃO; LAVOURA; MARTINS, 2019).

A *prática social inicial* é definida por Saviani como o primeiro momento do método. Nela, o professor terá a oportunidade de compreender qual a visão que os alunos possuem sobre uma dada temática. É necessário pontuar que não existem práticas sociais distintas - uma para o professor e outra para o aluno - a prática social é uma só, pois se refere às atividades desempenhadas pelos seres humanos (ASSUMPCÃO, 2014). O que muda é a relação que o professor e os alunos têm com essa atividade, uma vez que “encontram-se em níveis diferentes de compreensão (conhecimento e experiência) da prática social” (SAVIANI, 2008, p. 56).

O segundo elemento desse método é a *problematização*. Esse momento é caracterizado pela identificação dos principais problemas relacionados à prática social (SAVIANI, 2008). Saviani (2008) aponta que se trata de identificar quais conhecimentos são necessários para a abordagem de questões no interior da prática social. Esse pode ser considerado como um momento de confronto entre o conteúdo e sua aplicação na sociedade, sendo o momento propício para que o docente explique a importância e as múltiplas dimensões desse tema (OLIVEIRA SANTOS, 2018).

O terceiro momento é denominado *instrumentação*, sendo caracterizada por relacionar-se com as condições a partir das quais o ensino ocorre. Desse modo, refere-se aos instrumentos que serão utilizados pelo professor para análise das indagações oriundas do momento de *problematização* (SAVIANI, 2008). Assim, por meio do trabalho docente que faz uso desses instrumentos, os alunos serão capazes de relacionar os conhecimentos científicos com os seus conhecimentos cotidianos.

O quarto elemento é denominado de *catarse*, que se caracteriza por ser o momento no qual o conhecimento deixa de ser sincrético, ou seja, baseado em senso comum e passa a ser sintético (SAVIANI, 2008). Em outras palavras, pode-se dizer que a *catarse* é a expressão da aprendizagem do conteúdo pelo aluno, uma vez que ele consegue ser apto a responder as questões referentes à prática social (OLIVEIRA SANTOS, 2008).

Por fim, o último elemento desse método seria a *prática social final* que consiste no aprimoramento do conhecimento sintético, fazendo professores e alunos estarem no mesmo nível desse conhecimento (SAVIANI, 2008). É interessante pontuar que a prática social do início é a mesma da prática do final do processo educativo, o que muda é a relação do sujeito com a realidade social (ASSUMPÇÃO, 2014).

No entanto, é necessário apontar que essa divisão em passos configura uma abordagem simplista e mecanicista da PHC. Conforme pontuado por Saviani (2008), a referência por ele feita a esses cinco momentos tem o intuito de facilitar a compreensão dos leitores a respeito do seu posicionamento. Dessa forma, o autor reitera que esses elementos não devem ser entendidos como passos que ordenam uma sequência cronológica, e sim momentos que terão sua importância e duração variáveis a depender da situação.

Para compreender melhor essa relação, faz-se preciso reconhecer o Materialismo Histórico-Dialético como uma das bases da PHC e refletir sobre a relação dialética entre as categorias singular-universal-particular (GALVÃO; LAVOURA; MARTINS, 2019). Conforme abordado por Galvão, Lavoura e Martins (2019), essa herança marxista implica na compreensão de que natureza e sociedade estão interrelacionadas. Assim, para a análise de um fenômeno, é necessário compreendê-lo dentro da complexa trama de relações nas quais está inserido.

Marx conseguiu trabalhar de modo dialético com as categorias singular, universal e particular, sendo elas reflexos de situações objetivas da natureza e da sociedade (GALVÃO; LAVOURA; MARTINS, 2019). A respeito do singular, Galvão, Lavoura e Martins (2019) reconhecem que esse âmbito se refere ao fenômeno que é irrepitível e revela sua imediatez aparente. Esses autores pontuam que é preciso ir além da forma aparente e superar a empiria singular que revela os fenômenos. Para isso, é necessário considerar o aspecto universal, sendo essa uma categoria que coexiste com o singular, mas, enquanto este é puro e de aparência fenomênica, o universal carece de concretude, sendo demasiado abstrato (GALVÃO; LAVOURA; MARTINS, 2019).

Desse modo, a categoria do particular atua para estimular uma conciliação entre esses âmbitos, aparentemente, tão distintos. Conforme explicitam os autores, “a particularidade, como mediação, permite transformar a universalidade abstrata em uma totalidade concreta de determinações (particulares) vinculadas à natureza específica da singularidade do fenômeno ou objeto (GALVÃO; LAVOURA; MARTINS, 2019, p. 76). Assim, para a PHC, singularidade, particularidade e universalidade são categorias importantes no processo de conhecer o mundo e realidade que nos cerca.

Ainda, essas categorias estão confirmadas na prática humana, são consideradas lógicas e não perdem contato com a realidade objetiva (GALVÃO; LAVOURA; MARTINS, 2019). Dessa forma, considera-se como tarefa das ciências estudar e descrever, de forma historicamente concreta, um objeto ou fenômeno singular. Conforme apontado por Galvão, Lavoura e Martins (2019), isso consistiria em analisar suas transformações históricas particulares, gênese e outros elementos constituidores.

Considerando as categorias da lógica dialética no âmbito da PHC e os momentos abordados por Saviani, é possível realizar algumas constatações. Galvão, Lavoura e Martins (2019) apontam que a *prática social é catarse* e a *catarse é prática social*, “na medida em que a universalidade da prática social só existe concretamente quando os indivíduos singulares a incorporam como sua segunda natureza humana. Ao mesmo tempo, essa segunda natureza dos indivíduos, resultado da catarse, é expressão singular do desenvolvimento universal da prática social humana” (GALVÃO; LAVOURA; MARTINS, 2019, p. 114).

Além disso, para esses autores, *problematização* e *instrumentalização* também são *catarse*. Isso ocorre, pois esses momentos fomentam modificações nos sujeitos, de modo que eles “se tornem elementos ativos de transformação social” (GALVÃO; LAVOURA; MARTINS, 2019, p. 115). Portanto, nota-se que o método da PHC não deve ser considerado com passos estanques e que os elementos apresentados fazem parte de uma unidade e, assim, há reciprocidade entre eles.

Nessa linha, Saviani (2011) pontua que forma e conteúdo devem se organizar, considerando o aluno, compreendendo que como um indivíduo social, e que tem a necessidade de apropriar-se de conhecimentos para compreender a realidade concreta. Dessa forma, para se adequar aos anseios da PHC, a organização do trabalho didático deve considerar a conversão do conhecimento em saber escolar (GALVÃO; LAVOURA; MARTINS, 2019). Saviani (2001) pontua que isso implica em: a) identificar as formas mais desenvolvidas em que se expressa o

saber; b) realizar uma conversão do saber objetivo em saber escolar; c) fornecer as condições necessárias para que os alunos assimilem o saber objetivo, compreendendo inclusive sua produção e suas tendências.

No entanto, verifica-se uma contradição entre os objetivos pretendidos com os mecanismos educacionais e sua real aplicação. Essa realidade é apontada por Saviani (2011) como uma contradição entre a aparência e a essência, entre a forma e o conteúdo. Conforme apontado por Galvão, Lavoura e Martins (2019), uma das contradições do trabalho escolar é o fato dele não se desenvolver como verdadeiramente interdisciplinar como é pretendido. Tal realidade é produto das pedagogias produtivistas que fomentam um ensino mecanicista e das condições de trabalho dos professores que são submetidos a jornadas de trabalho exaustivas e particionadas em várias turmas. Essas circunstâncias são reflexo das condições organizacionais existentes e inviabilizam o docente a participar de modo mais ativo da gestão escolar e da escolha e articulação dos conteúdos (GALVÃO; LAVOURA; MARTINS, 2019).

Desse modo, percebe-se que as determinantes que fomentam no fracasso escolar podem ser mais atribuídas a fatores externos aos alunos. Forgiarini e Silva (2008) apontam que, dentre outros aspectos, o fracasso escolar se caracteriza pelo mau êxito, reprovação e evasão. Assim, tal fenômeno faz parte do contexto escolar brasileiro e pode ser notado como um produto da ausência de políticas educacionais que sejam comprometidas com a realidade escolar e com a qualidade de ensino (FORGIARINI; SILVA, 2008).

Uma vez identificada essa realidade, Saviani (2001) aponta que se deve buscar uma nova relação entre educação e sociedade, a fim de que aquela vise atender aos anseios da população. Assim, entender que o ensino é um aspecto de mediação da prática social, impõe reconhecer o trabalho educativo como um produto social, mas também como um determinante (GALVÃO; LAVOURA; MARTINS, 2019). Dessa forma, é necessário que o professor passe a reconhecer a necessidade dessa prática social, bem como a sua realidade, isto é, que ela não é desconexa das demais relações sociais.

2.2.3. O Destinatário

Segundo Anjos (2018), a compreensão social sobre o desenvolvimento humano é o que determina o *como ensinar*, isto é, como se desenvolvem as práticas educativas. Assim,

entendendo como destinatário o sujeito para quem se ensina, percebe-se que esse elemento deve ser analisado dentro vários âmbitos, inclusive o social (MARTINS, 2011).

Considerar que o processo educacional de jovens se desenvolve segundo determinantes internas e particulares resulta em práticas pedagógicas alheias à realidade social. Nesse aspecto, concepções biologicistas e idealistas são ainda hoje realidade no processo educacional e acabam por fomentar o estigma de culpabilização do aluno frente ao fracasso escolar (FORGIARINI; SILVA, 2008). Anjos (2008) assinala que os biologicistas acreditam que o desenvolvimento dos caracteres sexuais primários e secundários são um dos principais motores de mudança de comportamento dos adolescentes. Dessas mudanças corporais, esse autor esclarece também que a percepção idealista considera haver uma alteração no trabalho psíquico do jovem, ocasionando modificações comportamentais quase patológicas (ANJOS, 2018).

Essas apreciações sobre o desenvolvimento comportamental na adolescência trazem um certo determinismo para o desenvolvimento do trabalho escolar com adolescentes. Anjos (2008) retrata que, segundo tais vertentes, há pouca atitude a ser tomada pela escola para mudar o comportamento agressivo, impulsivo ou descompromissado dos jovens quando esses se manifestam. Desse modo, essas problemáticas seriam oriundas da adolescência e desapareceriam espontaneamente na vida adulta, cabendo à instituição escolar apenas direcionar a prática educativa de modo a tolerar esses comportamentos (ANJOS, 2018).

No entanto, conforme abordado por Galvão, Lavoura e Martins (2019), a relação do indivíduo com a natureza não pode ser reduzida ao caráter biológico, pois tem relação com a atividade social produtiva. Desse modo, entende-se que o elemento destinatário refere-se a “um aluno concreto, necessariamente caracterizado e compreendido como síntese de múltiplas relações, diferenciando-se do aluno empírico, cujas necessidades se limitam à imediaticidade da empiria fenomênica” (GALVÃO; LAVOURA; MARTINS, 2019, p. 85).

Nessa perspectiva, Galvão, Lavoura e Martins (2019) afirmam que, enquanto as outras espécies são essencialmente determinadas por fatores genéticos e instintivos, a relação entre humanos está inserida em um processo histórico e social. Isso ocorre, pois as necessidades humanas são direcionadas para produtos provenientes de atividade social, ou seja, essas necessidades são objetos produzidos mediante trabalho (GALVÃO; LAVOURA; MARTINS, 2019). Assim, é sob essa convicção que a educação escolar é entendida como o modo de socializar o saber sistematizado, contribuindo para o desenvolvimento pleno do indivíduo singular, isto é, o desenvolvimento de sua humanidade (SAVIANI, 2008).

Martins (2018) aponta que, para a compreensão do destinatário do trabalho escolar, é necessário entender que as atividades possuem potenciais distintos a depender do desenvolvimento psíquico de quem irá recebê-las. Desse modo, ao elaborar as práticas pedagógicas a serem desenvolvidas, o professor deve considerar as características da faixa etária de seus alunos e seu desenvolvimento cognitivo (MARTINS, 2011). Esse último elemento se refere a *psiqué* dos educandos, e pode ser entendido como um produto oriundo não somente de fatores biológicos, mas também de fatores histórico-culturais (DUARTE, 2013). Ainda, Duarte (2013) considera que o avanço da personalidade dos indivíduos, dentre outros aspectos, está sujeito aos limites do avanço social.

Na mesma linha, Martins (2011) estabelece relações entre os preceitos da PHC com os fundamentos da aprendizagem escolar propostos por Vygotsky. Dessa forma, a autora pontua que a teoria vygotskyana também defende que os espaços formais de ensino pautem seu trabalho no ensino de conhecimentos científicos, semelhante a Saviani ao longo de sua obra. Tomando por base essa fundamentação, acredita-se que a educação escolar corrobore para que a formação de conceitos reorganize as funções psíquicas e, ao fazer isso, “a aprendizagem escolar cumpre uma de suas principais funções – incidir na personalidade dos indivíduos, posto que nela sintetizam-se todas as propriedades culturalmente formadas” (MARTINS, 2011, p. 219).

Desse modo, fica clara a necessidade de organização do trabalho docente para que se estimule a apropriação do conhecimento escolar pelos destinatários, bem como garantir o desenvolvimento de sua *psiqué* (MARTINS, 2011). Além disso, é interessante considerar o desenvolvimento psíquico dos indivíduos no contexto dos anos finais do EF. Essa etapa da educação, que abrange do 6º ao 9º ano, corresponde ao período de desenvolvimento da adolescência e, como apontado por Duarte (2013), esse momento é privilegiado para o aperfeiçoamento da racionalidade. Ademais, é nessa fase que ocorre uma mudança considerável das transformações já iniciadas na infância (ANJOS, 2018).

Segundo Anjos (2018), a adolescência é um período característico para o desenvolvimento humano que surgiu como resultado das transformações sociais. Conforme esse autor, tal fenômeno foi produzido historicamente como um produto oriundo de uma sociedade dívida em classes. Assim, a formação psíquica do jovem não está somente sujeita a sua maturação sexual, mas também é influenciada pela situação social ao seu redor (ANJOS, 2018). Isso acontece, pois é durante esse período que a vida do jovem passa por um aumento

exigências, uma vez que as atividades escolares se tornam mais complexas, as relações sociais tendem a ser ampliadas e os adultos passam a cobrar mais responsabilidade (ANJOS, 2018).

Outro ponto abordado por Anjos (2018), é a predisposição do jovem a realizar uma formação de pensamentos por conceitos. Esse processo consistiria no estabelecimento de uma relação recíproca entre pensamento e linguagem, e é o que difere o pensamento do adolescente daquele formulado por crianças (ANJOS, 2018). O autor esclarece que não é somente na adolescência que essa relação se inicia, mas é nesse período que ela se desenvolve de modo mais expressivo. Ainda, o pensamento por conceitos acontece quando se tem uma apropriação mais elaborada de objetificações e é isso que possibilita a formação de conceitos científicos, desde que os conteúdos escolares sejam transmitidos corretamente (ANJOS, 2018).

É mediante o reconhecimento dessa realidade que se nota as falhas das teorias pedagógicas que não apresentam uma preocupação metodológica e que consideram o desenvolvimento espontâneo do pensamento do jovem com base da orientação escolar (MARTINS, 2011). Esses aspectos analisados atribuem aos alunos a responsabilidade sobre o sucesso, ou não, de seu desenvolvimento escolar. Tal fenômeno foi analisado por Forgiarini e Silva (2008) que constataram uma frequente culpabilização do aluno pelo fracasso acadêmico por parte da comunidade escolar e até mesmo familiar, sem considerar qual a contribuição dos aspectos pedagógicos nesse processo.

Nesse sentido, percebe-se o caráter interventivo da PHC, na medida em que essa orientação se apresenta como uma pedagogia concreta que faz uma mediação entre os diversos elementos da prática educativa. Assim, o indivíduo portador de suas singularidades; o conteúdo produzido historicamente pelo gênero humano; e as formas necessárias para que haja a apropriação dos conhecimentos escolares pelos alunos são considerados durante o trabalho educativo (GALVÃO; LAVOURA; MARTINS, 2019). Uma vez que as instituições de ensino e seus docentes tomem consciência dessa necessidade, a escola cumprirá seu papel e formará indivíduos capazes de não somente compreender a prática social, mas também explicá-la e modificá-la.

2.3. A Sistemática Filogenética no Ensino

A diversidade biológica na Terra é enorme. A estimativa do número de espécies existentes é de aproximadamente 5 ± 3 milhões (COSTELLO; MAY; STORK, 2013).

Evidentemente, para estudar esse rico universo de seres vivos é necessário primeiro classificar a biodiversidade de maneira organizada. Por esta razão, ao longo do tempo, foram consolidadas algumas escolas de pensamento, cada uma com as suas particularidades metodológicas e filosóficas, que se propunham a tratar dessa questão. Dentre elas, a escola Cladística – ou Sistemática Filogenética – se destacou das demais por ser a única a buscar a recuperação da história evolutiva dos táxons através de uma metodologia objetiva (SANTOS; CALOR, 2008).

A Sistemática Filogenética agrupa os organismos com base em caracteres especiais conhecidas como sinapomorfias. Para ser considerado uma sinapomorfia, uma característica deve constituir uma novidade evolutiva da linhagem – uma característica derivada – e ser compartilhado pelos grupos mais proximamente relacionados. A vantagem de se classificar os organismos com base nas sinapomorfias é que, uma vez que essas características constituem uma evidência do parentesco evolutivo entre os organismos, os grupos formados são, na verdade, linhagens – ou seja, incluem todos os descendentes de um mesmo ancestral. Em outras palavras, os grupos são monofiléticos. Classificações definidas segundo outros critérios podem gerar grupos que excluem organismos de uma linhagem (parafiléticos) ou que juntam organismos de linhagens distintas (polifiléticos). Agrupamentos parafiléticos e polifiléticos não refletem a história evolutiva de seus integrantes, logo, segundo a Sistemática Filogenética, devem ser rejeitados. O monofiletismo é a condição necessária e suficiente para definir um grupo. Como dizem Santos e Klassa (2012, p. 597):

Se um dos principais preceitos da teoria da evolução dizia respeito à ancestralidade comum, e somente com a reconstrução desses ancestrais é que se poderia inferir com propriedade a história evolutiva dos organismos, fósseis e viventes, era sensato que as classificações biológicas refletissem, antes de qualquer outro aspecto, as relações de parentesco entre os seres vivos e utilizassem o conceito de ancestralidade comum como fundamento para a identificação do monofiletismo. Esse era o mote do método de Hennig.

Assim, por conta dessa perspectiva evolutiva, o ensino de Sistemática Filogenética é a chave para contextualizar e integrar o ensino de outras áreas da Biologia (AMORIM, 2008; LIPORINI, 2016; OLIVEIRA *et al.*, 2011; ROCHA *et al.*, 2013). Isso pode ser alcançado porque, estando intrinsecamente associada a uma visão evolutiva, a Cladística permite substituir a percepção estática a respeito da biodiversidade por uma percepção histórica da transformação dos organismos (ROSA, 2018). Ademais, a Sistemática Filogenética também viabiliza o estudo comparativo entre os seres vivos (GUIMARÃES, 2005), possibilitando aos estudantes desenvolver uma visão mais aprofundada da história evolutiva e das relações de parentesco entre os grupos, ao invés de ficarem presos a descrições morfológicas e nomenclaturas exaustivas. O mesmo autor também advoga que o ensino de Sistemática pode ser benéfico por

reduzir a necessidade de memorização e por oferecer aos estudantes um entendimento mais completo da diversidade biológica:

Assim, bastaria saber quando determinados caracteres surgiram ao invés de ter que memorizar todos os caracteres de todos os grupos, como se não houvesse qualquer ligação entre eles. [...] A sistemática filogenética, por outro lado, procura os caracteres compartilhados devido a uma ancestralidade comum. Isso permite mostrar aos estudantes que existe uma continuidade na vida. Os seres vivos não se apresentam na natureza como estão nos livros didáticos, de forma linear, como uma *scala naturae*. (GUIMARÃES, 2005, p. 49)

Contudo, apesar do exposto, a Sistemática Filogenética não é tratada de maneira adequada na Educação Básica, e fazer justiça a esse tema pode ser uma tarefa desafiadora em virtude da carência e inadequação do material disponível. Lopes (2008), em sua dissertação de mestrado, verificou que muitos livros didáticos do Ensino Médio não abordam conteúdos de Sistemática, ou o fazem com erros conceituais. Além disso, o mesmo autor revela que muito alunos da Educação Básica sequer assistiram aulas sobre o tema. Quando cruzadas com as percepções de Santos e Terán (2013), de que a maioria dos professores se apoia excessivamente nos livros didáticos, esses resultados mostram o porquê do ensino de Sistemática Filogenética ser deficitário.

De forma similar, o assunto também é negligenciado na produção acadêmica. Apesar da sua relevância, a temática da Sistemática Filogenética conta com poucas publicações em revistas e eventos especializados no ensino de Ciências e Biologia, sendo que boa parte dos artigos não trata especificamente do ensino de Sistemática (LIPORINI, 2016, LIPORINI; DINIZ, 2019). Tal cenário mostra-se ainda mais grave uma vez que o documento-guia para a educação básica brasileira, a BNCC, trata o conhecimento de maneira distintamente utilitária (LIPORINI, 2020). Essa perspectiva defendida pela BNCC desprestigia conteúdos que são cruciais para a compreensão dos padrões e processos que formam a natureza, mas que não tenham aplicações práticas e imediatas para os estudantes, como é o caso da Sistemática Filogenética.

O desprestígio pela Sistemática Filogenética na Educação Básica possui raízes profundas. Apesar da hegemonia da Teoria da Evolução na Academia, muitos professores ainda guardam um entendimento essencialista sobre a biodiversidade (AMORIM, 2008), o que faz com que áreas como a Zoologia sejam trabalhadas nas escolas por uma perspectiva estritamente formal, que considera os objetos de análise como estáticos e finalizados. Essa realidade é extremamente prejudicial para a construção de um entendimento abrangente da

diversidade biológica porque o mesmo só pode ser atingido por meio do entendimento da Teoria da Evolução, que tem natureza eminentemente dialética (ROSA, 2018).

A abordagem formalista é inadequada para o estudo de Zoologia porque, como argumentam Rosa e Martins (2017, p. 389):

Pelo fato de a lógica formal não ser capaz de superar a aparência dos fenômenos, o pensamento empírico, ao permanecer nas representações gerais abstratas não desvenda a essência da natureza e, com isso, tem capacidade limitada de substituir noções metafísicas [...] por uma visão mais objetiva sobre os seres vivos.

Por tratar, essencialmente, de classificar a diversidade biológica embasada na história evolutiva das linhagens, a Sistemática Filogenética pode ser usada para tratar o ensino de Zoologia sob a perspectiva da lógica dialética, uma vez que esta permite a compreensão da transformação e do movimento histórico (SAVIANI, 2015). Com efeito, a argumentação para tal também pode ser encontrada em outro trecho de Rosa e Martins (2017, p. 405):

[...] a sistemática concebe seu objeto de estudo como algo temporal, um processo evolutivo. Não se limita a descrever a existência presente das estruturas, dos organismos e das espécies, mas considera-os como transitórios. Procura responder satisfatoriamente ao que as espécies são hoje por meio da explicação de como foram no passado.

Assim sendo, o ensino de Zoologia não deve ser trabalhado de forma independente da Sistemática Filogenética, uma vez que isso implica recorrer unicamente à lógica formal, a qual é incapaz de capturar as noções de evolução e transformação que são fundamentais para o estudo dessa área à luz da Teoria da Evolução. Com isso em mente, e considerando as problemáticas que afligem o ensino de Zoologia que foram discutidas anteriormente – como a inadequação dos livros didáticos, tratamento indevido da temática em sala de aula e escassez de recursos didáticos dedicados – neste trabalho é proposto um livro paradidático para atuar como guia para o ensino de Zoologia sob uma perspectiva evolutiva e apoiado em conceitos da Sistemática Filogenética para os anos finais do Ensino Fundamental.

3. METODOLOGIA

3.1. Caracterização do Trabalho

O presente trabalho consiste em uma pesquisa qualitativa, inicialmente, caracterizada como pesquisa bibliográfica, seguida pela posterior elaboração de um recurso didático. Uma vez que a análise conduzida pelos autores busca obter dados que não são quantificáveis, esta pesquisa se configura como de natureza qualitativa (MINAYO, 2009). A pesquisa qualitativa é

conceituada como um tipo de pesquisa que busca ir além dos dados, dando significado a eles e buscando compreendê-los no contexto em que se inserem (TOZONI-REIS, 2009).

A respeito do método, Gil (2002) aponta que pesquisas bibliográficas são desenvolvidas com base em materiais já produzidos, como livros e artigos. Esta modalidade permite investigar uma ampla gama de temáticas usando dados passados ou históricos (GIL, 2002). Desse modo, em primeiro momento, buscou-se verificar de que forma o Ensino de Zoologia estava sendo abordado em eventos e revistas relacionados ao Ensino de Ciências e Biologia entre os anos de 2016 e 2020.

A partir dos trabalhos encontrados, pretende-se justificar a necessidade do desenvolvimento de um material didático pedagógico voltado para os professores de CN dos anos finais do EF. Por esta razão, este trabalho também pode ser enquadrado como uma pesquisa de desenvolvimento (TEIXEIRA; MEGID-NETO, 2017b). Esta é uma modalidade de pesquisa de natureza interventiva (PNI) que se dedica a descrever a criação de algum produto, sob a luz de algum referencial teórico e de uma revisão bibliográfica de trabalhos semelhantes, como definem Teixeira e Megid-Neto (2017b). Importante ressaltar que aqui “PNI” não é um sinônimo de “pesquisa interventiva” como utilizado por Damiani *et al.* (2013). Para estes autores, as pesquisas interventivas se prestam a elaborar, implementar e avaliar intervenções no processo de ensino-aprendizagem a fim de melhorá-lo (DAMIANI *et al.*, 2013). Por outro lado, de acordo com a definição de Teixeira e Megid-Neto (2017b) adotada neste trabalho, as PNI são pesquisas que “conjugam processos investigativos ao desenvolvimento concomitante de ações que podem assumir natureza diversificada” (TEIXEIRA; MEGID-NETO, 2017b, p. 1056), podendo também ser classificadas em modalidades menos abrangentes.

3.2. Fases do Trabalho

3.2.1. Primeiro Momento

De início, foi realizado um levantamento bibliográfico focado na produção e utilização/instrumentalização de recursos paradidáticos para o ensino de Zoologia nos anos finais do Ensino Fundamental e no Ensino Médio. A busca compreendeu os anais das XI e XII edições do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), realizadas nos anos de 2016 e 2018 e das VI e VII edições do Encontro Nacional de Ensino de Biologia (ENEBIO), realizadas em 2017 e 2019. Estes encontros – promovidos respectivamente pela

Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (ABRAPEC) e pela Associação Brasileira de Ensino de Biologia (SBENBIO) – são dois grandes eventos da área de ensino de Ciências e Biologia no Brasil, e recebem trabalhos produzidos em todo o território nacional, de maneira que sua análise pode revelar padrões e tendências do cenário da pesquisa nessas áreas. Também foram rastreados artigos publicados nas revistas *Ciência & Educação* e *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, abrangendo o mesmo período.

Para recuperar os trabalhos de interesse publicados nos anais dos eventos, foram realizadas buscas pelos descritores: *ensino de Zoologia, vertebrados, invertebrados, paradidático e produção de material*. Os artigos publicados nas revistas dentro do recorte temporal tiveram seus títulos, resumo e palavras-chave examinados em busca dos mesmos descritores. Todos os trabalhos nos quais esses descritores foram encontrados foram separados para compor o *corpus* da análise, o que resultou em um total de 21 publicações. Esses artigos foram lidos pelos autores e classificados quanto ao (1) tipo de trabalho (se apresentavam uma proposta de material ou se descreviam uma situação em que um material foi aplicado); (2) tipo de recurso utilizado (jogo, modelo, livro...); (3) consideração por conteúdos relacionados à Sistemática Filogenética. Nesta última classificação, foram separados os trabalhos que apresentaram recursos que tratavam ou que foram aplicados em associação a discussões sobre apomorfias e plesiomorfias, ancestralidade comum e parentesco entre os grupos daqueles que não abordavam essas questões.

3.2.2. Segundo Momento

Partindo do que foi discutido na etapa anterior, foi idealizado um livro paradidático para o ensino de Zoologia de Invertebrados. Uma vez que foi verificada a prevalência de recursos didáticos voltados a estimular o interesse dos estudantes, os autores notaram a carência de materiais projetados para fornecer aos professores os elementos necessários para suprir algumas lacunas comuns dos livros didáticos. Assim, um livro foi criado para auxiliar os docentes de Ciências dos anos finais do EF a ministrar os conteúdos de Zoologia de Invertebrados embasados nos conhecimentos trazidos pela Sistemática Filogenética, considerando a Evolução Biológica e as relações de parentesco entre os grupos. Dessa forma, os professores de Ciências dos anos finais do EF terão um material de apoio para o ensino de Zoologia pautado na lógica dialética da evolução e transformação das espécies, ainda que os livros didáticos regulares da Educação Básica comumente excluam – ou abordem de forma errada – a Cladística (LOPES,

2008). O material traz os conceitos básicos da Sistemática Filogenética – adaptados para o público-alvo – bem como dicas para os professores abordarem e explicarem em sala de aula e sugestões de atividades.

Um trabalho anterior já se propôs a promover o ensino da biodiversidade – no caso, da Botânica – sob os auspícios da PHC (POLINARSKI; BRIZOLA; NICOLE, 2016). Contudo, nele as etapas procedimentais são delimitadas com rigidez e confinadas em uma sequência de passos estanques. Os autores do presente trabalho estão alinhados com Galvão, Lavoura e Martins (2019) na posição de que a redução do método histórico-crítico a passos sequenciais é contrária aos próprios fundamentos da PHC. Por esta razão, o material produzido disponibilizará ao professor os subsídios necessários para trabalhar os conteúdos da Zoologia de Invertebrados sob a perspectiva dialética da Sistemática Filogenética sem, no entanto, engessar sua prática em uma lógica mecanicista.

A primeira parte do livro é aberta com um breve histórico da classificação biológica. A decisão por iniciar com uma abordagem histórica foi embasada no entendimento de que a compreensão do contexto histórico é fundamental para subsidiar uma apropriação mais completa do próprio conhecimento e do exercício científico (CARNEIRO; GASTAL, 2005; MATTHEWS, 1992). Essa abordagem se faz ainda mais necessária posto que aspectos da História da Ciência são tradicionalmente desprezados na formação docente (EL-HANI, 2006) e tratados de maneira demasiado restrita em livros didáticos (CARNEIRO; GASTAL, 2005). De início, é dispensada atenção à classificação lineana, explicando suas inovações e limitações, e a seguir, é feita uma abordagem sobre a Sistemática Filogenética e sua relação com a Teoria da Evolução. Na sequência, são trabalhados conceitos de homologia e analogia e são apresentados cladogramas para abordar as noções de apomorfia e plesiomorfia. Por fim, é trazida uma explicação de como a Sistemática Filogenética agrupa os organismos com base em sinapomorfias. Ao longo do texto, são apresentadas dicas para a explicação e exemplificação do conteúdo, além de algumas atividades.

Na segunda parte, as linhagens zoológicas de invertebrados estudadas na Educação Básica – *Porifera*, *Cnidaria*, *Platyhelminthes*, *Mollusca*, *Annelida*, *Nematoda*, *Arthropoda*, *Echinodermata* e *Chordata* – são mostradas em cladogramas simplificados dos metazoários a fim de apresentar suas relações de parentesco. Ao longo desta parte, cada uma destas linhagens é abordada enfocando seu parentesco com as demais, as sinapomorfias que as definem, plesiomorfias preservadas e homoplasias com outros táxons. Não obstante, não é o objetivo do material exaurir os conteúdos de Zoologia de Invertebrados para os anos Finais do EF. A

proposta do recurso é tão somente fornecer os subsídios e o apoio necessário para os professores trabalharem esses conteúdos sob as lentes da Sistemática Filogenética, de modo a integrar o estudo da diversidade biológica à Teoria da Evolução.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Primeiro Momento

O levantamento resultou em 21 trabalhos que abordavam a produção ou uso de recursos paradidáticos no ensino de Zoologia nos anos finais do Ensino Fundamental ou no Ensino Médio, os quais a partir daqui serão tratados pelos códigos T1, T2, T3... conforme definido no Quadro 1. Dentre estes, estão inclusos artigos focados na descrição da confecção e análise do uso do material, trabalhos que trazem a aplicação do paradidático como parte de uma sequência didática ou que apenas mencionam a aplicação do recurso em sala de aula.

Quadro 1. Identificação codificada dos trabalhos recuperados no levantamento.

Código	Referência
T1	COSTA; GONZAGA; MIRANDA, 2016
T2	GOMES; SILVA, 2016
T3	PEIXOTO; SHUVARTZ; CHAVES, 2016
T4	OLIVEIRA; FREITAS, 2016
T5	LUZ; CORAZZA, 2016
T6	SERPA; RAMOS, 2016
T7	PEREIRA, 2016
T8	GODOI, 2016
T9	MACIEL; SALOMÃO, 2018
T10	VIEIRA; PALMEIRA; BRUGGE, 2018
T11	SILVA <i>et al.</i> , 2018b
T12	SHARARA; SANTOS; BOELTER, 2018
T13	SILVA <i>et al.</i> , 2018a
T14	COSTA; LORENZETTI, 2018
T15	MARANDINO; VALOIS, 2018
T16	FEIO; DIAS, 2018
T17	BARROS <i>et al.</i> , 2018

T18	BARBOSA; GALLÃO, 2018
T19	CLEMENTINO <i>et al.</i> , 2018
T20	NASCIMENTO; BOCCHIGLIERI, 2019
T21	SILVA, 2017

Fonte: elaborado pelos autores.

Não foram encontrados artigos que tratassem da produção ou do uso de materiais didáticos para o ensino de Zoologia nos anos finais do Ensino Fundamental ou no Ensino Médio nos anais da décima segunda edição do ENPEC e nem na revista *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*. É interessante pontuar aqui que essa revista tem por foco realizar publicações relacionadas à pesquisa em educação em Ciências e o referido evento tem por objetivo estimular a interação entre os pesquisadores de Educação na área das Ciências, como Biologia, Física, Química e correlatas. Considerando as fontes de coleta dos dados, é possível que este resultado seja um reflexo do desprestígio pelo ensino de Zoologia, no contexto da pesquisa em Educação em Ciências, no período analisado. A maior parte dos trabalhos foram recuperados das duas edições do ENEBIO analisadas, como mostra o Quadro 2.

Quadro 2. Proporção de trabalhos recuperados em cada uma das fontes.

Fonte	Trabalhos	Proporção
VI ENEBIO	T1 – T8	38,10%
VII ENEBIO	T9 – T19	52,38%
Revista Ciência & Educação	T20	4,76%
XI ENPEC	T21	4,76%

Fonte: Elaborado pelos autores.

No Quadro 3, estão classificados os trabalhos com respeito ao enfoque adotado. Figuram como “Proposta/Confecção” trabalhos que proponham o uso de algum recurso ou que relatem a sua confecção, mas que não tenham aplicado² o mesmo na Educação Básica. Em “Aplicação” estão os artigos que descrevem a aplicação de recursos, mas não trazem a descrição da confecção. Em “Confecção e Aplicação” estão as publicações que, além de descrever a confecção de um recurso, também o aplicam na Educação Básica. Adaptações de recursos pré-existentes são tratados como “confecção”.

Percebe-se que pouco mais da metade (52,38%) das publicações recuperadas tanto descreviam a confecção quanto relatavam o uso do material em sala de aula (Quadro 3). Um percentual um pouco menor (42,86%), apresentava uma proposta de material, incluindo ou não

²Neste trabalho, a aplicação de um recurso é entendida como o seu uso em sala de aula.

uma descrição de sua produção, mas não relatavam um teste em sala de aula. Apenas um trabalho (4,76%) trazia um relato de aplicação de materiais didáticos desacompanhado da descrição da produção. Isso foi observado porque este trabalho (T14) foi o único a aplicar no ensino de Zoologia na condição de paradidáticos, materiais que não foram produzidos ou adaptados pelos autores, incluindo vídeos, músicas e outros.

Conforme discutido há pouco, existe uma divisão similar entre os artigos que apresentam propostas e os que confeccionam materiais e os aplicam. Entretanto, é válido pontuar que os primeiros não são considerados como “inferiores” ou “incompletos” neste trabalho. Mesmo sem aplicação documentada em sala de aula, a contribuição dos recursos produzidos é valiosa. Essa realidade decore do fato que, quando bem descritos, os recursos podem ser utilizados facilmente por outros professores.

Quadro 3. Enfoque dos trabalhos analisados.

Enfoque	Trabalhos
Proposta ou Confeccção	T6, T7, T8, T12, T13, T15, T16, T17, T19
Aplicação	T14
Confeccção e Aplicação	T1, T2, T3, T4, T5, T9, T10, T11, T18, T20, T21

Fonte: Elaborado pelos autores.

As modalidades de recursos didáticos para o ensino de Zoologia com maior representatividade na amostra são jogos (38,10%), modelos (23,81%), livros (19,05%), animais preservados (14,29%) e ilustrações científicas (9,52%). Mapas conceituais são menos utilizados, sendo abordados por apenas um trabalho (4,76%). Outros tipos de recursos agrupados estão representados em 14,29% das publicações (Quadro 4).

Um ponto que se faz notar é que todos os artigos que compuseram o *corpus* da análise apresentam recursos direcionados aos estudantes, focados em motivá-los e auxiliar o processo de ensino-aprendizagem. Esse padrão sinaliza uma escassez de materiais direcionados ao professor que sejam focados em suprir lacunas comuns na abordagem de alguns tópicos – como, no caso, conceitos de Sistemática Filogenética.

Quadro 4. Tipo de recurso proposto ou aplicado por cada trabalho.

Recurso	Trabalhos
Jogo	T1, T2, T3, T5, T6, T10, T11, T13
Modelo	T8, T11, T15, T17, T20

Livro	T4, T11, T18, T19
Espécimes Preservados	T7, T9, T11
Ilustrações Científicas	T11, T16
Mapa Conceitual	T21
Outros (filmes/vídeos, painéis, músicas...)	T11, T12, T14

Fonte: Elaborado pelos autores.

A respeito do conteúdo, dos 21 trabalhos analisados, apenas quatro propõem ou relatam a abordagem de conteúdos relacionados à Sistemática Filogenética em associação à Zoologia (T3, T5, T6, T14). De todos os artigos analisados, estes foram os únicos a apresentar recursos didáticos que trabalham conceitos como características ancestrais e derivadas, ancestralidade comum e relações de parentesco entre os grupos, ou que foram aplicados em associação a discussões sobre estes tópicos. Como já discutido anteriormente, o ensino de Sistemática Filogenética é fundamental para desenvolver uma perspectiva evolutiva da biodiversidade, o que está alinhado – ou pelo menos, assim aparenta – com as recomendações dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) para o ensino de Ciências Naturais nos anos finais do EF (BRASIL, 1998), como fica explícito no excerto a seguir:

Para a apresentação da diversidade da vida, um conceito central neste eixo, privilegiam-se os enfoques ambiental e evolutivo, [...] busca-se o sentido da unidade da vida, seu processo de evolução, por adaptação e seleção natural. É importante que os aspectos evolutivos sejam contemplados em diferentes momentos no ensino fundamental, mesmo que a abordagem não seja profunda e direta. (BRASIL, 1998, p. 43)

A mesma sugestão pode ser encontrada nos PCNs do Ensino Médio para Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias: “Para o estudo da diversidade de seres vivos, tradicionalmente da Zoologia e da Botânica, é adequado o enfoque evolutivo-ecológico, ou seja, a história geológica da vida.” (BRASIL, 2000, parte III, p. 18).

O que chama mais a atenção não é a aparente negligência direcionada aos PCNs, mas sim a seletividade dela. Ao todo, dez trabalhos citam os PCNs (T1, T2, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T12 e T14). Em sua maioria, essas referências são feitas para justificar o uso de materiais paradidáticos no ensino, mas também são feitas para outros fins. Contudo, apesar de citar estes documentos, a maioria dos artigos não segue as recomendações dos mesmos para trabalhar o ensino da diversidade biológica por uma perspectiva evolutiva. Dos artigos que citam os PCNs, apenas T5, T6 e T14 trazem a consideração de questões filogenéticas e taxonômicas.

O elevado número de trabalhos que citam os PCNs, mas não seguem suas recomendações a respeito da perspectiva evolutiva no ensino de Biologia pode ser elucidado com base nas conclusões de Liporini (2020). Nesse trabalho, a autora demonstra que tanto os PCNs quanto a BNCC pregam uma visão utilitarista de ensino, pautada em uma lógica formalista, apegada à descrição e alheia à transformação e ao desenvolvimento histórico. Isso fica evidenciado uma vez que tanto os PCNs quanto a BNCC pautam o ensino no desenvolvimento de competências, enquanto relegam a aquisição do conhecimento científico ao segundo plano (LIPORINI, 2020). Considerando esses aspectos, é esperado que os trabalhos que se guiem por esses documentos padeçam dos mesmos vícios que eles.

Em síntese, o levantamento revela que as publicações voltadas para a produção e utilização de materiais paradidáticos no ensino de Zoologia são caracterizadas por uma exacerbada preocupação com a forma do ensino (como ensinar?), em detrimento do conteúdo (o que ensinar?). Isto é, os autores se mostram mais preocupados em apresentar/utilizar o material didático do que se preocupam com o que estão de fato ensinando aos estudantes. Isso fica explícito uma vez apenas uma minoria dos trabalhos trouxe considerações sobre o ensino de Sistemática, que como argumentado anteriormente, deveria guiar o ensino de Zoologia, enquanto a maioria apresenta ou relata propostas de ensino que tratam os grupos de animais como estáticos e independentes do restante da diversidade. Dessa forma, é possível perceber que, em sua maioria, as publicações analisadas se revelam presas à lógica formal, que se contenta com a análise de questões estáticas, como estrutura e função. De fato, este cenário é condizente com o apontamento de Amorim (2008) de que muitos professores ainda conservam uma visão essencialista em relação à biodiversidade.

A diversidade biológica, no entanto, não é estagnada, de modo que não pode ser tratada apenas pelas lentes da ótica formal. Com efeito, a biodiversidade é gerada pelo processo dinâmico de transformação das espécies, podendo ser analisada e estudada pela visão da lógica dialética, mais preocupada com a origem, o desenvolvimento e o processo de transformação, e que, por incorporação, supera a anterior (GALVÃO; LAVOURA; MARTINS, 2019; SAVIANI, 2015). Sobre a lógica dialética: “[...] uma lógica em que a contradição se tornou categoria explicativa de tudo o que existe, permitindo-nos compreender que as coisas não são estáticas, mas se movimentam, se transformam e o princípio do movimento, da transformação é exatamente a contradição.” (SAVIANI, 2015, p. 27).

Em virtude dessa deficiência observada nos materiais didáticos para o ensino de Zoologia, neste trabalho foi desenvolvido um livro paradidático para o ensino de Zoologia de Invertebrados que trata a diversidade biológica através da lógica dialética. Neste material, os assuntos são tratados em íntima associação com conhecimentos da Sistemática Filogenética, a fim de proporcionar ao professor uma visão da biodiversidade embasada pelo principal eixo integrador dos conteúdos na Biologia: a Teoria da Evolução (AMORIM, 2008; LIPORINI *et al.*, 2020; OLEQUES *et al.*, 2011; ROSA, 2018).

4.2. Segundo Momento

O livro produzido neste trabalho – intitulado “*Invertebrados: uma perspectiva evolutiva*” (Apêndice) – conta com uma breve exposição histórica sobre a classificação dos seres vivos. Conforme ressaltado anteriormente, a contextualização histórica é fundamental para a construção do conhecimento científico (CARNEIRO; GASTAL, 2005; MATTHEWS, 1992). Não obstante, tópicos relacionados à Filosofia e História das Ciências são negligenciados tanto nos livros didáticos (CARNEIRO; GASTAL, 2005), quanto na formação docente inicial (EL-HANI, 2006). Dessa forma, os professores de Ciências frequentemente podem se ver privados dos meios necessários para conduzir um processo de ensino-aprendizagem que não entenda o conhecimento científico como um painel estático onde toda a verdade está representada. Em outras palavras, os professores podem se tornar reféns de ensinar Ciências sob uma perspectiva formalista.

Entender o contexto social e político das descobertas científicas proporciona reconhecer a relação dialética entre educação e sociedade. Dessa forma, como destacado por Colturato e Massi (2021), nota-se que as ciências em conjunto são, ao mesmo tempo, determinantes e determinadas pela prática social. Isso ocorre, pois podem ser utilizadas para solucionar problemas cotidianos e podem ter suas aplicações determinadas pelas concepções da classe social dominante. No âmbito da classificação biológica, isso fica claro quando se analisa as mudanças históricas empreendidas para a classificação dos seres vivos e como isso era influenciado pelo pensamento social da época. Esse processo busca ser ilustrado no primeiro capítulo desse recurso didático, no qual é apresentada ao docente uma breve e simples exposição do desenvolvimento histórico desse tema.

Reconhecer essa realidade dialética e histórica que influencia a produção e a prática do conhecimento científico não quer dizer que o professor deva transformar sua aula de Ciências em uma aula de História das Ciências. A construção do referido primeiro capítulo tem o objetivo de trazer elementos históricos básicos para esclarecer a dinamicidade do conhecimento científico. Ao assumir a postura de reconhecer a importância da Filosofia e História das Ciências, espera-se que o professor, não somente reconheça a produção do conhecimento científico como algo lógico e histórico, mas também seja capaz de transmitir essa relação aos seus alunos, de modo que eles se apropriem dessa lógica (COLTURATO; MASSI, 2021). Seguindo esse raciocínio, o recurso apresentado ao fim deste texto fornece subsídios para o professor superar a lógica formalista no ensino de Zoologia por meio da lógica dialética. Em termos práticos, isso ocorre, em um primeiro momento, pela contextualização histórica, e em um segundo momento, pela abordagem empregada para apresentar os grupos a serem estudados.

Ademais, conforme postulado por Mayr (2006), pode-se reconhecer duas vertentes distintas na Biologia: a biologia funcional e a biologia histórica. A primeira trata de todos os padrões e processos que podem ser compreendidos a partir de conhecimentos derivados da Física e da Química, sem demandar um entendimento da dimensão histórica (MAYR, 2006), a exemplo da Fisiologia e da Anatomia. A segunda, por sua vez, abarca todos os tópicos para os quais a consideração temporal é imprescindível, isto é, compreende o estudo da Evolução Biológica (MAYR, 2006).

É importante reconhecer como as categorias de Mayr (2006) se alinham com as noções de ciência formal e ciência dialética, as quais se debruçam, respectivamente, sobre as questões estáticas e as questões relativas ao movimento de transformação (SAVIANI, 2015). Partindo desses pressupostos e resumindo a argumentação apresentada nas seções anteriores, o ensino de Zoologia deve ser trabalhado por uma perspectiva dialética, uma vez que um entendimento acerca da biodiversidade que não considere a evolução é necessariamente deficitário. Sendo assim, a PHC nos fornece elementos para a superação da lógica formal pela lógica dialética no ensino de Zoologia justamente por ela própria estar embasada em uma noção dialética de Ciência (SAVIANI, 2008).

No movimento de privilegiar a lógica dialética sobre a lógica formal, o livro apresenta as linhagens zoológicas estudadas na Educação Básica sob uma perspectiva evolutiva. No material, os grupos são apresentados de acordo com a sequência temporal de eventos

cladogenéticos na linhagem dos metazoários. Essa opção foi feita com objetivo de esclarecer a origem de cada uma das linhagens abordadas e, assim, proporcionar uma compreensão mais completa dos invertebrados como um todo, considerando não apenas as características distintivas de cada grupo, mas principalmente, as relações entre eles.

Apesar de mais atenção ser dedicada aos nove filos enumerados na seção 3.2.2., também são discutidas as sinapomorfias de outros táxons, como *Bilateria*, *Protostomia* e *Deuterostomia*. Essa abordagem, quando utilizada em sala de aula, permite que os alunos percebam que os grupos estudados não são entidades independentes e não-relacionadas, mas que possuem um parentesco evolutivo que pode ser rastreado. Essa compreensão está intimamente alinhada com os conhecimentos provenientes da Teoria da Evolução e, posto que a Evolução Biológica configura um eixo central na Biologia (AMORIM, 2008; LIPORINI *et al.*, 2020; OLEQUES *et al.*, 2011; ROSA, 2018), os autores da presente pesquisa admitem que o recurso produzido favorece o desenvolvimento de um entendimento mais integrado dos conteúdos. Esse objetivo pode ser alcançado porque o material possibilita que o professor opere a partir do mesmo tipo de lógica por trás da Teoria da Evolução – a lógica dialética (ROSA, 2018) – a qual possibilita o entendimento dos movimentos de transformação (SAVIANI, 2015).

Com efeito, para além de promover um entendimento mais integrado da Biologia, a apropriação de conhecimentos advindos da Teoria da Evolução pode transformar a própria concepção de mundo dos estudantes, substituindo a visão teleológica e essencialista por um pensamento mais objetivo e científico (ROSA, 2018). Rosa e Martins (2017, p. 406-407) argumentam que “Ao conferir uma origem material e orgânica ao homem, a teoria da evolução desmistifica a imagem que fazemos sobre nós mesmos e é capaz de provocar reflexões sobre o destino da sociedade e sobre o papel do ser humano como sujeito de sua própria história.”. Esse ponto é muito bem ilustrado por duas propostas da teoria de Darwin: a ancestralidade comum e a importância da variabilidade (ROSA, 2018).

Ambos os tópicos superam as concepções tipológicas a respeito da biodiversidade. O primeiro o faz ao revelar que os táxons são linhagens e não agrupamentos independentes, e, portanto, carecem de fronteiras óbvias, sendo dessa forma, desprovidos de uma diagnose absoluta. O segundo, por sua vez, ao atribuir um papel central à variação no estado de natureza, enfrenta a concepção fundamentalmente essencialista de que a variabilidade consiste apenas em pequenos e acidentais desvios de um tipo ideal.

Nessa perspectiva, tal qual aponta Liporini (2016), o conteúdo de Sistemática Filogenética é considerado, no presente trabalho, como um conteúdo clássico dentro da perspectiva pontuada por Saviani (2011). Sabe-se da importância do estudo da classificação biológica para compreensão da biodiversidade terrestre e para o entendimento de variados fenômenos evolutivos (MAYR, 2008). Ainda, é possível identificar, na Sistemática Filogenética, os aspectos de permanência e referência citados por Ferreira (2019) para considerar um conteúdo como clássico. Assumir tal pressuposto à luz da PHC e instrumentalizá-lo no âmbito escolar, não significa pacificar a imposição de conteúdos, mas sim possibilitar que os alunos tenham acesso a uma base científica que os possibilitem compreender o desenvolvimento histórico da classificação biológica e estender tal entendimento à prática social.

Nessa linha, Ferreira (2019) e Zaneti *et al.* (2020) pontuam que a transmissão e a apropriação dos conhecimentos clássicos é a condição necessária para que haja a humanização dos indivíduos e sejam reproduzidos neles as potencialidades do gênero humano. Segundo esses autores, é por meio do trabalho educativo que tal processo se desenvolve, sendo interessante ressaltar que, na perspectiva da PHC, esse trabalho não é algo espontâneo, mas sim uma atividade direta e intencional. Ainda, apontam que um conhecimento clássico pode também ser chamado de saber elaborado, sendo que se refere ao conhecimento oriundo do processo histórico de desenvolvimento do saber humano, e que não tem necessariamente uma relação direta com o empirismo cotidiano (ZANETI *et al.*, 2020). Dessa forma, as Ciências podem ser consideradas como exemplo de saber elaborado por possuírem sistematização definida e serem reprodutíveis.

Além disso, é interessante pontuar aqui a ressalva de Zaneti *et al.* (2020) a respeito do que seriam os conhecimentos clássicos. Eles pontuam que essa definição não deve ser compreendida como algo relacionado aos saberes tradicionais, ou antigos, que se opõem à aceitação de moderno, mas sim como o resultado do desenvolvimento histórico da construção do conhecimento humano até o presente momento. Tal relação pode ser percebida no material produzido ao final desse trabalho, pois, ao longo dos capítulos desse produto, objetiva-se trazer alguns conteúdos de Zoologia de Invertebrados de acordo com o público-alvo (destinatário) e atualizados do ponto de vista de classificação biológica.

Isso é relevante, porque, conforme apontado por Fernandes *et al.* (2020), o processo de apropriação do conhecimento científico pelos discentes não tem um fim nele mesmo, podendo

auxiliar na compreensão de questões ambientais, sociais e científicas que vão além daquelas abordadas em sala de aula e contribuindo para formação de um pensamento teórico. Dessa forma, faz-se necessária a superação do ensino tradicional e memorístico, que aborda o ensino de Zoologia sob uma perspectiva estática e descontextualizada. No entanto, é necessária uma atenção ao trabalho docente, uma vez que, nem sempre, os professores detêm o domínio adequado dos conteúdos (FERREIRA, 2019). Assim, o recurso didático proposto no presente trabalho traz a fundamentação teórica para que o professor consiga utilizar a Sistemática Filogenética como base durante as aulas de Zoologia de Invertebrados.

Todavia, é necessário pontuar que esse não é um material de cunho instrucional, ou seja, não diz ao professor o que deve ser feito, nem como deverá ser ministrada sua aula. Conforme salientado por Saviani (2008), os processos de ensino-aprendizagem serão influenciados pela finalidade do que se pretende ensinar. Haja vista que se busca aqui combater o ensino fragmentado e descontextualizado de Zoologia, o objetivo do recurso proposto não é limitar a autonomia da prática docente, mas sim direcioná-la. Portanto, espera-se que, oferecendo os subsídios teóricos de Sistemática Filogenética, o docente seja capaz de realizar seu trabalho considerando os determinantes sociais que o influenciam, como o desenvolvimento psicológico dos seus alunos, o contexto social e político da comunidade escolar e outros. Uma reflexão sobre os métodos é tema crucial para o desenvolvimento do processo de ensino-aprendizagem, pois é a forma de abordagem dos conteúdos que pode possibilitar a conversão do saber objetivo em saber escolar (SAVIANI, 2011).

Mediante o exposto, algumas considerações podem ser realizadas a respeito da relação entre a PHC e o recurso didático aqui proposto. O ensino sob a perspectiva da PHC deve considerar a tríade conteúdo-forma-destinatário, isto é, o que será ensinado, as condições para o trabalho educativo e quem vai aprender (GALVÃO; LAVOURA; MARTINS, 2019). Esse material – direcionado ao professor – considera esses aspectos e possibilita ultrapassar o caráter cotidiano que a educação escolar tem recebido, dando subsídios para que o conhecimento clássico de Sistemática Filogenética pautar o ensino de Zoologia. Seguindo essa perspectiva, é possível que o professor direcione a sua prática docente, de modo que os alunos tenham uma base científica que os possibilitem estabelecer relações entre o conteúdo escolar e os fenômenos atuais. Além disso, é necessário pontuar que, ao longo da elaboração do recurso, é reconhecida a importância do papel docente para a transmissão dos conteúdos, uma vez que é esse profissional o responsável por fazer a mediação da transformação do conhecimento sincrético

– caótico e desordenado – em conhecimento sintético – articulado e com clareza das relações entre as partes que o constituem (SAVIANI, 2011, 2015).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Que o ensino de Zoologia na Educação Básica se apoia excessivamente na memorização e não desperta o interesse dos estudantes, é ponto pacífico na literatura. A solução, no entanto, ainda carece de consenso. No levantamento realizado pelos autores, foram recuperados muitos artigos que propagandeavam o uso de recursos didáticos direcionados aos alunos como forma de contornar este empecilho. A fórmula para derivar essa conclusão é simples. Se recursos didáticos estimulam o interesse dos estudantes e os estudantes não se interessam por Zoologia, nada mais lógico do que usar recursos didáticos para ensinar Zoologia. Não obstante, esse silogismo é tão simples quanto é enganoso. Empregar recursos diferenciados no ensino pode até motivar a participação dos estudantes, mas não necessariamente irá ajudá-los a construir uma compreensão elaborada do conteúdo trabalhado.

No caso específico do ensino de Zoologia, o maior entrave identificado é de natureza estrutural: o apego a uma concepção formal e essencialista acerca da biodiversidade. Desse modo, a maneira de promover um ensino mais integrado, menos memorístico e – por conseguinte – mais interessante, é se debruçar sobre a origem do problema, ou seja, tentar superar a visão formalista por uma dialética. Em virtude disso, o recurso apresentado neste trabalho visa auxiliar professores de Ciências e Biologia a promover um ensino pautado na lógica dialética e desapegado da visão essencialista tradicional.

Nesse sentido, a motivação deste trabalho adveio de uma reflexão sobre de que modo poder-se-ia desenvolver um recurso didático para o Ensino de Zoologia nos anos finais do EF a partir de uma perspectiva de Sistemática Filogenética e fundamentado na PHC. Assim, foram atingidos os objetivos de analisar publicações que propusessem ou aplicassem recursos didáticos no ensino de Zoologia e de propor um material que auxilie os professores a conduzir o ensino dessa área que levando em conta a evolução biológica e trabalhando conteúdos da Sistemática Filogenética.

O livro produzido neste trabalho é direcionado especificamente ao professor, porque cabe a esse profissional transmitir o conhecimento aos alunos. Em um cenário onde os livros

didáticos não fornecem os subsídios necessários para um ensino de Zoologia sob uma perspectiva evolutiva, equipar o professor com esse suporte é uma alternativa interessante e de relativa fácil implementação. A Zoologia, no entanto, é um recorte e, mesmo desse recorte, o material apresentado no apêndice cobre apenas uma modesta fração. Para que seja possível promover um ensino de Ciências que supere, de fato, as concepções formalistas dominantes, ainda são necessárias pesquisas de identifiquem e trabalhem no sentido de corrigir os vícios que porventura estejam arraigados em outras áreas do ensino de Ciências.

Por fim, a realização desse trabalho também trouxe contribuições inestimáveis para a formação dos autores enquanto professores e pesquisadores. A rotina de pesquisa e leitura crítica, o esforço de interpretação dos resultados e o rigor metodológico necessário para o desenvolvimento de cada uma das etapas descritas ao longo do texto são práticas valiosas que os autores aprimoram durante o período de produção deste trabalho de conclusão de curso. Além disso, a utilização da PHC como fundamentação metodológica despertou o interesse em desenvolver uma postura de trabalho, enquanto docente, focada na prática social, admitindo seus determinantes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMORIM, D. S. Paradigmas pré-evolucionistas, espécies ancestrais e o ensino de zoologia e botânica. **Revista Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 36, n. 1, p. 125-150, 2008.
- ANJOS, R. E. Desenvolvimento psíquico e educação escolar de adolescentes: apontamentos sobre o problema da forma do ensino. *In*: PASQUALINI, J.; TEIXEIRA, L. A.; AGUDO, M. M. (org.). **Pedagogia histórico-crítica: legado e perspectivas**. 1ª edição. Uberlândia: Navegando Publicações, 2018. p. 149-167.
- ASSUMPCÃO, M. C. **A prática social na pedagogia histórico-crítica e as relações entre arte e vida em Lukács e Vigotski**. 2014. 172 f. Dissertação (Mestrado em Educação Escolar) – Faculdade de Ciências e Letras, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2014.
- AZEVEDO, H. J. C. C.; OLIVEIRA, P. R.; SANTOS, J. R. O ENSINO EM ZOOLOGIA E O SUL DE MINAS GERAIS: UMA ANÁLISE DAS ABORDAGENS DOS LIVROS DIDÁTICOS ADOTADOS EM ITAJUBÁ/MG. **Cadernos de Educação Básica**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 3, p. 68-87, 2019.
- BARBOSA, T. F.; GALLÃO, M. I. O CORDEL COMO MÉTODO AVALIATIVO NO ENSINO DE ZOOLOGIA. *In*: Encontro Nacional de Ensino de Biologia (ENE BIO), 7., 2018, Belém. **Anais do VII ENE BIO**. São Paulo: SBENBIO, 2018. Disponível em: <https://sbenbio.org.br/categoria/anais/>. Acesso em 10 jun. 2021.
- BARROS, K. P. *et al.* ESTRATÉGIAS DE ENSINO NÃO CONVENCIONAIS PARA O ENSINO DA ZOOLOGIA: UM RELATO DE EXPERIÊNCIA *In*: Encontro Nacional de

Ensino de Biologia (ENE BIO), 7., 2018, Belém. **Anais do VII ENE BIO**. São Paulo: SBENBIO, 2018. Disponível em: <https://sbenbio.org.br/categoria/anais/>. Acesso em 10 jun. 2021.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino Médio): Parte III – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC/SEMTEC, 2000.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais / Secretaria de Educação Fundamental**. Brasília: MEC/SEF, 1998.

CAMPOS, R. S. P. **A perspectiva histórico-crítica e prática docente de ensino de biologia**. 2017. 181 f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) – Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2017.

CARNEIRO, M. H. S.; GASTAL, M. L. História e Filosofia das Ciências no ensino de Biologia. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 11, n. 1, p. 33-39, 2005.

CASTOLDI, R; POLINARSKI, C. A. A utilização de Recursos didático-pedagógicos na motivação da aprendizagem. *In*: Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia (SINECT), 1., 2009, Ponta Grossa. Anais não acessíveis. Disponível em <https://atividadeparaeducacaoespecial.com/wp-content/uploads/2014/09/recursos-didatico-pedag%C3%B3gicos.pdf>. Acesso em 23 jul. 2021.

CLEMENTINO, J. B. *et al.* ELABORAÇÃO DE UM GUIA DE CAMPO PARA O ENSINO DE ZOOLOGIA DOS INVERTEBRADOS NOS RECIFES PERNAMBUCANOS *In*: Encontro Nacional de Ensino de Biologia (ENE BIO), 7., 2018, Belém. **Anais do VII ENE BIO**. São Paulo: SBENBIO, 2018. Disponível em: <https://sbenbio.org.br/categoria/anais/>. Acesso em 10 jun. 2021.

COLTURATO, A. R.; MASSI, L. O caso de Nicolas Leblanc e a produção da soda: elementos para compreensão da natureza da ciência. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, Florianópolis, v. 14, n. 1, p. 397-423, 2021.

COSTA, E. M.; LORENZETTI, L. CRUSTÁCEOS: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA PROMOÇÃO DA ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA. *In*: Encontro Nacional de Ensino de Biologia (ENE BIO), 7., 2018, Belém. **Anais do VII ENE BIO**. São Paulo: SBENBIO, 2018. Disponível em: <https://sbenbio.org.br/categoria/anais/>. Acesso em 10 jun. 2021.

COSTA, R. C.; GONZAGA, G. R.; MIRANDA, J. C. DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DO JOGO DIDÁTICO “DESAFIO CIÊNCIAS - ANIMAIS” PARA UTILIZAÇÃO EM AULAS DE CIÊNCIAS NO ENSINO FUNDAMENTAL REGULAR. *In*: Encontro Nacional de Ensino de Biologia (ENE BIO), 6., 2016, Maringá. **Anais do VI ENE BIO**. São Paulo: SBENBIO, 2016. Disponível em: <https://sbenbio.org.br/categoria/anais/>. Acesso em 10 jun. 2021.

COSTELLO, M. J.; MAY, R. M.; STORK, N. E. Can we name Earth's species before they go extinct?. **Science**, Washington, v. 339, n. 6118, p. 413-416, 2013.

DAMIANI, M. F. *et al.* Discutindo pesquisas do tipo intervenção pedagógica. **Cadernos de educação**, Pelotas, [s. v.], n. 45, p. 57-67, 2013.

DUARTE, N. Vigotski e a pedagogia histórico-crítica: a questão do desenvolvimento psíquico. **Nuances: estudos sobre Educação**, Presidente Prudente, v. 24, n. 1, p. 19-29, 2013.

EL-HANI, C. N. Notas sobre o ensino de história e filosofia da ciência na educação científica de nível superior. *In: SILVA, C. C. (org.). Estudos de História e Filosofia das Ciências: subsídios para aplicação no ensino. 1ª edição. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006, p. 3-21.*

FEIO, R. I. C.; DIAS, L. C. ILUSTRAÇÃO CIENTÍFICA DE ARACNÍDEOS PARA USO EM AULAS DE ZOOLOGIA NA EDUCAÇÃO BÁSICA. *In: Encontro Nacional de Ensino de Biologia (ENEBIO), 7., 2018, Belém. Anais do VII ENEBIO. São Paulo: SBENBIO, 2018. Disponível em: <https://sbenbio.org.br/categoria/anais/>. Acesso em 10 jun. 2021.*

FERNADES; G. A. *et al.* A IMPORTÂNCIA DAS PEDAGOGIAS CRÍTICAS PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS: A PEDAGOGIA HISTÓRICO-CRÍTICA COMO PROPOSTA PARA A SUPERAÇÃO DO CENÁRIO EDUCACIONAL ATUAL. **Debates em Educação**, Maceió, v. 12, n. 26, p. 342-364, 2020.

FERREIRA, C. G. **FUNDAMENTOS HISTÓRICO-FILOSÓFICOS DO CONCEITO DE CLÁSSICO NA PEDAGOGIA HISTÓRICO-CRÍTICA.** 2019. 162 f. Dissertação (Mestrado em Educação Escolar) – Faculdade de Ciências e Letras, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2019.

FORGIARINI, S. A. B.; SILVA, J. C. Fracasso escolar no contexto da escola pública: entre mitos e realidades. **Secretaria de Educação do Paraná: Dia a Dia Educação**, p. 1-27, 2008. Disponível em: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/369-4.pdf>. Acesso em 16 ago. 2021.

GALVÃO, A. C.; LAVOURA, T. N.; MARTINS, L. M. **Fundamentos da Didática Histórico-Crítica.** 1ª edição. Campinas: Autores Associados, 2019.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa.** 4ª edição. São Paulo: Editora Atlas, 2002.

GODOI, E. A. PROPOSTA DE ELABORAÇÃO DE MATERIAL DIDÁTICO: ABORDAGEM DO FILO PORÍFERA NAS AULAS DE ZOOLOGIA. *In: Encontro Nacional de Ensino de Biologia (ENEBIO), 6., 2016, Maringá. Anais do VI ENEBIO. São Paulo: SBENBIO, 2016. Disponível em: <https://sbenbio.org.br/categoria/anais/>. Acesso em 10 jun. 2021.*

GOMES, C. R. P.; SILVA, F. A. R. O “MISTÉRIO NO ZOO”: UM JOGO PARA O ENSINO DE ZOOLOGIA DE VERTEBRADOS NO ENSINO FUNDAMENTAL II. *In: Encontro Nacional de Ensino de Biologia (ENEBIO), 6., 2016, Maringá. Anais do VI ENEBIO. São Paulo: SBENBIO, 2016. Disponível em: <https://sbenbio.org.br/categoria/anais/>. Acesso em 10 jun. 2021.*

GUIMARÃES, M. A. **Cladogramas e evolução no ensino de Biologia.** 2005. 233 f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Bauru, 2005.

HEISER, R. D.; BIANCHI, V. REFLEXÕES SOBRE O ESTUDO DOS ARTRÓPODES NO ENSINO MÉDIO E NO CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS DA UNIJUI *In: Encontro Nacional de Ensino de Biologia (ENEBIO), 6., 2016, Maringá. Anais do VI ENEBIO. São Paulo: SBENBIO, 2016. Disponível em: <https://sbenbio.org.br/categoria/anais/>. Acesso em 10 jun. 2021.*

KRASILCHIK, M. **Prática de Ensino de Biologia.** 4ª edição. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2004.

LIPORINI, T. Q. **A DISCIPLINA ESCOLAR BIOLOGIA NA BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR DO ENSINO MÉDIO: EXPRESSÕES DA PÓS-MODERNIDADE E DO NEOLIBERALISMO**. 2020. 210 f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) – Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2020.

LIPORINI, T. Q. **O ENSINO DE SISTEMÁTICA E TAXONOMIA BIOLÓGICA NO ENSINO MÉDIO DA REDE ESTADUAL NO MUNICÍPIO DE SÃO CARLOS – SP**. 2016. 186 f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) – Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2016.

LIPORINI, T. Q.; DINIZ, R. E. S. O ensino de Sistemática e Taxonomia Biológica: mapeando produções em evento da área de ensino de Ciências. **Revista de Ensino de Biologia da SBEnBio**, v. 12, n.1, p. 75-94, 2019.

LIPORINI, T. Q. *et al.* ENSINO DE EVOLUÇÃO BIOLÓGICA E O DESENVOLVIMENTO DE UMA VISÃO MATERIALISTA, HISTÓRICO E DIALÉTICA ACERCA DA REALIDADE. **Debates em Educação**, Maceió, v. 12, n. 26, p. 261-282, 2020.

LOPES, R. A. S. *et al.* **Formação docente e ensino aprendizagem de ciências da natureza nos anos finais do ensino fundamental no Estado de Goiás**. 2016. Dissertação (Programa de Pós-Graduação *stricto sensu* Mestrado Profissional em Ensino de Ciências (PPEC)) – Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2016.

LOPES, W. R. **Ensino de filogenia animal: percepções de estudantes e professores e análises de propostas metodológicas**. 2008. 132 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2008.

LUZ, M. R. B. CORAZZA, M. J. EVIDENCIANDO ASPECTOS EVOLUTIVOS EM UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE O FILO CHORDATA (CORDADOS): UMA EXPERIÊNCIA NO ENSINO MÉDIO A PARTIR DO PIBID/UEM. *In*: Encontro Nacional de Ensino de Biologia (ENEBIO), 6., 2016, Maringá. **Anais do VI ENEBIO**. São Paulo: SBENBIO, 2016. Disponível em: <https://sbenbio.org.br/categoria/anais/>. Acesso em 10 jun. 2021.

MACIEL, T. R.; SALOMÃO, S. R. DESAFIOS PARA A MONTAGEM DE COLEÇÃO ICTIOLÓGICA E SEU USO COMO RECURSO DIDÁTICO *In*: Encontro Nacional de Ensino de Biologia (ENEBIO), 7., 2018, Belém. **Anais do VII ENEBIO**. São Paulo: SBENBIO, 2018. Disponível em: <https://sbenbio.org.br/categoria/anais/>. Acesso em 10 jun. 2021.

MARANDINO, M.; VALOIS, R. ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA E FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES: EXPERIÊNCIAS DE PRODUÇÃO DE MATERIAL EDUCATIVO NA EDUCAÇÃO FORMAL E NÃO FORMAL. *In*: Encontro Nacional de Ensino de Biologia (ENEBIO), 7., 2018, Belém. **Anais do VII ENEBIO**. São Paulo: SBENBIO, 2018. Disponível em: <https://sbenbio.org.br/categoria/anais/>. Acesso em 10 jun. 2021.

MARQUES, K.; INEU MEDEIROS, C. REINVENTANDO O ENSINO DE ZOOLOGIA EM CIÊNCIAS: UMA ABORDAGEM TEÓRICO-PRÁTICA. *In*: Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão (SIEPE), 9., 2017, Santana do Livramento. **Anais do 9º SIEPE**, v. 9, n. 1, 2017. Santana do Livramento: Universidade Federal do Pampa, 2017. Disponível em: <https://periodicos.unipampa.edu.br/index.php/SIEPE/issue/view/304>. Acesso em 23 jul. 2021.

MARTINS, L. M. **O Desenvolvimento do Psiquismo e a Educação Escolar**: contribuições à luz da psicologia histórico-cultural e da pedagogia histórico-crítica. 2011. Tese (Livro-Docência em Psicologia da Educação) – Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2011.

MARTINS, L. M. O Que Ensinar? O Patrimônio Cultural Humano Como Conteúdo de Ensino e a Formação da Concepção de Mundo no Aluno. *In*: PASQUALINI, J.; TEIXEIRA, L. A.; AGUDO, M. M. (org.). **Pedagogia histórico-crítica**: legado e perspectivas. 1ª edição. Uberlândia: Navegando Publicações, 2018. p. 83-97.

MATTHEWS, M. R. History, philosophy, and science teaching: The present rapprochement. **Science & Education**, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 11-47, 1992.

MAYR, E. **Biologia, Ciência Única**. Tradução: Marcelo Leite. São Paulo: Companhia das Letras, 2006.

MAYR, E. **Isto é Biologia**: a ciência do mundo vivo. Tradução: Claudio Angelo. São Paulo: Companhia das Letras, 2008.

MINAYO, M. C. **Pesquisa Social**: teoria, método e criatividade. 28ª edição. Petrópolis: Editora Vozes, 2009.

MYERS, N. *et al.* Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, London, v. 403, n. 6772, p. 853-858, 2000.

NASCIMENTO, L. M. M.; BOCCHIGLIERI, A. Modelos didáticos no ensino de Vertebrados para estudantes com deficiência visual. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 25, n. 2, p. 317-332, 2019.

OLEQUES, L. C. *et al.* Evolução biológica como eixo integrador no ensino de biologia: concepções e práticas de professores do ensino médio. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS (ENPEC), 8., 2011, Campinas. **Atas do VIII ENPEC**. Bauru: ABRAPEC, 2011. Disponível em: http://abrapecnet.org.br/atas_enpec/viiienpec/listaresumos.htm. Acesso em: 23 jul. 2021.

OLIVEIRA, C. **A ZOOLOGIA NAS ESCOLAS: PERCURSOS DO ENSINO DE ZOOLOGIA EM ESCOLAS DA REDE PÚBLICA NO MUNICÍPIO DE ARACAJU/SE**. 2017. 89 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Matemática) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2017.

OLIVEIRA, D. B.G. *et al.* O ensino de Zoologia numa perspectiva evolutiva: análise de uma ação educativa desenvolvida com uma turma do Ensino Fundamental. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS (ENPEC), 8., 2011, Campinas. **Atas do VIII ENPEC**. Bauru: ABRAPEC, 2011. Disponível em: http://abrapecnet.org.br/atas_enpec/viiienpec/listaresumos.htm. Acesso em: 23 jul. 2021.

OLIVEIRA, L. M.; FREITAS, M. L. L. INSERÇÃO DE HISTÓRIA INFANTIL PARA O ENSINO DE MAMÍFEROS E ANFÍBIOS *In*: Encontro Nacional de Ensino de Biologia (ENEBIO), 6., 2016, Maringá. **Anais do VI ENEBIO**. São Paulo: SBENBIO, 2016. Disponível em: <https://sbenbio.org.br/categoria/anais/>. Acesso em 10 jun. 2021.

OLIVEIRA SANTOS, R. E. Pedagogia histórico-crítica: que pedagogia é essa?. **Horizontes**, Dourados, v. 36, n. 2, p. 45-56, 2018.

PEIXOTO, D. M.; SHUVARTZ, M.; CHAVES, S. M. ENSINO DE ZOOLOGIA NO ENSINO MÉDIO: UMA EXPERIÊNCIA DO ESTÁGIO CURRICULAR SUPERVISIONADO II DO CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS – UFG. *In: Encontro Nacional de Ensino de Biologia (ENE BIO)*, 6., 2016, Maringá. **Anais do VI ENEBIO**. São Paulo: SBENBIO, 2016. Disponível em: <https://sbenbio.org.br/categoria/anais/>. Acesso em 10 jun. 2021.

PEREIRA, A. C. O USO DE COLEÇÕES ENTOMOLÓGICAS COMO FERRAMENTA DE ENSINO NA EDUCAÇÃO BÁSICA NO BRASIL. *In: Encontro Nacional de Ensino de Biologia (ENE BIO)*, 6., 2016, Maringá. **Anais do VI ENEBIO**. São Paulo: SBENBIO, 2016. Disponível em: <https://sbenbio.org.br/categoria/anais/>. Acesso em 10 jun. 2021.

PEREIRA, L. M.; CAMPOS, L. M. L. APROXIMAÇÕES A UMA CONCEPÇÃO HISTÓRICO-CRÍTICA DE OBJETIVO DO ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS. **Debates em Educação**, Maceió, v. 12, n. 26, p. 323-341, 2020.

POLINARSKI, C. A.; BRIZOLA, A. M.; NICOLE, C. R. O ensino de ciências e suas contribuições para o desenvolvimento humano e formação do conceito: abordagem histórico-cultural para uma prática na pedagogia histórico-crítica. *In: PAGNONCELLI, C.; MALANCHEN, J.; MATOS, N. S. D. (org.). O trabalho pedagógico nas disciplinas escolares: contribuições a partir dos fundamentos da pedagogia histórico-crítica*. 1ª edição eletrônica. Campinas: Armazém do Ipê, 2016. p. 197-228.

RIBEIRO, A.; SEDANO, L. FORMAÇÃO DOCENTE: O PERFIL DOS PROFESSORES DE CIÊNCIAS DOS ANOS FINAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL. **Revista Prática Docente**, Confresa, v. 5, n. 2, p. 1234-1255, 2020.

ROCHA, A. L. F.; DUSO, L.; MAESTRELLI, S. R. P. Contribuições da Filogenética para um ensino crítico da Zoologia. *In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS (ENPEC)*, 9., 2013, Águas de Lindóia. **Atas do IX ENPEC**. Bauru: ABRAPEC, 2013. Disponível em: http://abrapecnet.org.br/atas_enpec/ixenpec/atas/trabalhos.htm. Acesso em: 23 jul. 2021.

ROSA, J. M. **A apropriação dos princípios fundamentais da teoria da evolução e os alcances abstrativos na concepção de mundo**. 2018. 256 f. Tese (Doutorado em Educação Escolar) – Faculdade de Ciência e Letras, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2018.

ROSA, J. M.; MARTINS, L. M. Reflexões sobre o ensino da taxonomia e da sistemática filogenética e o desenvolvimento do pensamento abstrato. **Obutchénie: Revista de Didática e Psicologia Pedagógica**, Uberlândia, v. 1, n. 2, p. 376-410, 2017.

SANTOS, C. M. D.; CALOR, A. R. Using the logical basis of phylogenetics as the framework for teaching biology. **Papéis Avulsos de Zoologia**, São Paulo, v. 48, n. 18, p. 199-211, 2008.

SANTOS, C. M. D.; KLASSA, B. Sistemática filogenética hennigiana: revolução ou mudança no interior de um paradigma?. **Scientiae Studia**, São Paulo, v. 10, n. 3, p. 593-612, 2012.

SANTOS, J. C. *et al.* ANÁLISE COMPARATIVA DO CONTEÚDO FILO MOLLUSCA EM LIVRO DIDÁTICO E APOSTILAS DO ENSINO MÉDIO DE CASCAVEL, PARANÁ. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 13, n. 3, p. 311-322, 2007.

SANTOS, S. C. S.; TERÁN, A. F. CONDIÇÕES DE ENSINO EM ZOOLOGIA NO NÍVEL FUNDAMENTAL: O CASO DAS ESCOLAS MUNICIPAIS DE MANAUS-AM. **Revista Areté | Revista Amazônica de Ensino de Ciências**, Manaus, v. 6, n. 10, p. 1-18, 2013.

SANTOS, S. C. S.; TERÁN, A. F. PERFIS E CONCEPÇÕES RELACIONADAS À DISCIPLINA DE CIÊNCIAS NATURAIS SOBRE O ENSINO DE ZOOLOGIA DOS PROFISSIONAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL EM MANAUS-AMAZONAS, BRASIL. *In: Encontro de Pesquisa Educacional Norte Nordeste (EPENN)*, 20., 2011, Manaus. Anais não acessíveis. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/309736243_PERFIS_E_CONCEPCOES_RELACIONADAS_A_DISCIPLINA_DE_Ciencias_NATURAIS SOBRE O ENSINO DE ZOOLOGIA DOS PROFISSIONAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL EM MANAUS-AMAZONAS BRASIL. Acesso em 23 jul. 2021.

SAVIANI, D. O conceito dialético de mediação na pedagogia histórico-crítica em intermediação com a psicologia histórico-cultural. **Germinal: marxismo e educação em debate**, Salvador, v. 7, n. 1, p. 26-43, 2015.

SAVIANI, D. **Escola e Democracia**. Edição comemorativa. Campinas: Autores Associados, 2008.

SAVIANI, D. **A Nova Lei da Educação**: trajetória, limites e perspectivas. 7ª edição. Campinas: Autores Associados, 2001.

SAVIANI, D. **Pedagogia Histórico-Crítica**: primeiras aproximações. 11ª edição revisada. Campinas: Autores Associados, 2011.

SERPA, J. D. M.; RAMOS, F. Z. PROPOSTA DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA A COMPREENSÃO DAS CARACTERÍSTICAS EVOLUTIVAS DOS FILOS ZOOLÓGICOS *In: Encontro Nacional de Ensino de Biologia (ENEBIO)*, 6., 2016, Maringá. **Anais do VI ENEBIO**. São Paulo: SBENBIO, 2016. Disponível em: <https://sbenbio.org.br/categoria/anais/>. Acesso em 10 jun. 2021.

SHARARA, K. F.; SANTOS, E. G.; BOELTER, R. A. POTENCIALIDADES DO FILME DE ANIMAÇÃO “RANGO” PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS. *In: Encontro Nacional de Ensino de Biologia (ENEBIO)*, 7., 2018, Belém. **Anais do VII ENEBIO**. São Paulo: SBENBIO, 2018. Disponível em: <https://sbenbio.org.br/categoria/anais/>. Acesso em 10 jun. 2021.

SILVA, A. P. G. V.; NETO, J. F. O.; SHUVARTZ, M. A discussão sobre o ensino de zoologia nos Enpec's e na RBPEC: um estado da arte. *In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)*, 11., 2017, Florianópolis. **Anais do XI ENPEC**. Bauru: ABRAPEC, 2017. Disponível em: <http://www.abrapecnet.org.br/enpec/xi-enpec/anais/trabalhos.htm>. Acesso em 23 jul. 2021.

SILVA, C. D. D. Os Mapas Conceituais como recurso didático no processo de ensino-aprendizagem dos conteúdos da zoologia. *In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)*, 11., 2017, Florianópolis. **Anais do XI ENPEC**. Bauru: ABRAPEC, 2017. Disponível em: <http://www.abrapecnet.org.br/enpec/xi-enpec/anais/trabalhos.htm>. Acesso em 10 jun. 2021.

SILVA, C. H. S. *et al.* A ZOOLOGIA NOS LIVROS DIDÁTICOS DE BIOLOGIA DO ENSINO MÉDIO: ANÁLISE COMPARATIVA DO CONTEÚDO DO FILO PLATYHELMINTHES. *In: Congresso Nacional de Educação (CONEDU)*, 6., 2019,

Fortaleza. **Anais do VI CONEDU**. Campina Grande: Realizeventos, 2019. Disponível em: <https://www.editorarealize.com.br/edicao/detalhes/anais-vi-conedu>. Acesso em 24 jul. 2021.

SILVA, L. A. M. *et al.* CONSTRUÇÃO DE JOGOS DIDÁTICOS PARA DESMISTIFICAR OS MORCEGOS. *In: Encontro Nacional de Ensino de Biologia (ENEBIO)*, 7., 2018, Belém. **Anais do VII ENEBIO**. São Paulo: SBENBIO, 2018. Disponível em: <https://sbenbio.org.br/categoria/anais/>. Acesso em 10 jun. 2021.

SILVA, L. A. M. *et al.* OS MORCEGOS VÃO À ESCOLA: DESCONSTRUINDO MITOS E PRECONCEITOS SOBRE ESTES ANIMAIS *In: Encontro Nacional de Ensino de Biologia (ENEBIO)*, 7., 2018, Belém. **Anais do VII ENEBIO**. São Paulo: SBENBIO, 2018. Disponível em: <https://sbenbio.org.br/categoria/anais/>. Acesso em 10 jun. 2021.

SILVEIRA, E. L. *et al.* Análise do conteúdo de zoologia de vertebrados em livros didáticos aprovados pelo PNLEM 2009. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Bauru, v. 13, n. 1, p. 217-232, 2013.

TEIXEIRA, P. M. M. Educação Científica e Movimento C.T.S. no quadro das tendências pedagógicas no Brasil. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Bauru, v. 3, n. 1, p. 88-102, 2003.

TEIXEIRA, P. M. M.; MEGID-NETO, J. A produção acadêmica em Ensino de Biologia no Brasil – 40 anos (1972–2011): base institucional e tendências temáticas e metodológicas. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Bauru, v. 17, n. 2, p. 521-549, 2017.

TEIXEIRA, P. M. M.; MEGID-NETO, J. Uma proposta de tipologia para pesquisas de natureza interventiva. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 23, n. 4, p. 1055-1076, 2017.

TOZONI-REIS, M. F. C. **Metodologia da Pesquisa**. 2ª edição. Curitiba: IESDE Brasil S. A., 2009.

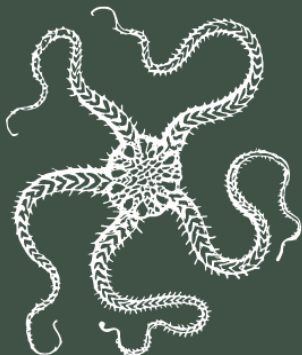
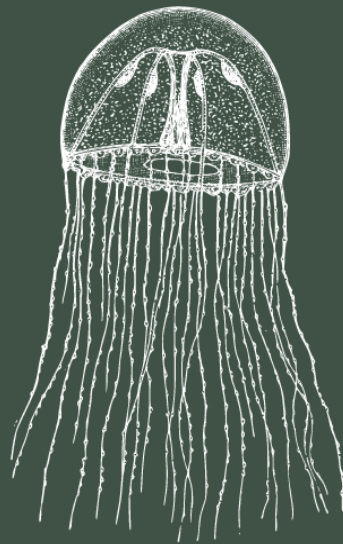
VIEIRA, C. M.; PALMEIRA, S. R.; BRUGGE, U. L. O JOGO DIDÁTICO BARALHO ANIMAL NO ENSINO DA FILOGENIA DE CORDADOS: UM ESTUDO DE CASO NO IFRN/MOSSORÓ. *In: Encontro Nacional de Ensino de Biologia (ENEBIO)*, 7., 2018, Belém. **Anais do VII ENEBIO**. São Paulo: SBENBIO, 2018. Disponível em: <https://sbenbio.org.br/categoria/anais/>. Acesso em 10 jun. 2021.

ZANETI, J. C. CONHECIMENTOS CLÁSSICOS, TRABALHO EDUCATIVO E ENSINO DE CIÊNCIAS: ARTICULAÇÕES POSSÍVEIS A PARTIR DA PEDAGOGIA HISTÓRICO-CRÍTICA. **Debates em Educação**, Maceió, v. 12, n. 26, p. 302-322, 2020.

APÊNDICE

INVERTEBRADOS:

*uma perspectiva
evolutiva*



HUMBERTO NAPPO
GLÁUCIA COUTINHO
THALITA LIPORINI



APRESENTAÇÃO

Olá, professor(a), o que você tem diante de si é um material paradidático elaborado para te auxiliar a promover um ensino de Zoologia de Invertebrados que leve em conta as relações entre as linhagens, embasado na Teoria da Evolução. A ideia deste material é propor abordagens, dar dicas e sugerir atividades para trabalhar o ensino de Zoologia por meio de conceitos da Sistemática Filogenética. Mas, atenção! Este livro é um complemento para o livro didático e não um substituto! Nestas páginas você vai encontrar cladogramas e discussões sobre sinapomorfias, plesiomorfias e homoplasias, além de comentários breves e curiosidades sobre os grupos, mas não encontrará explanações completas sobre outros conteúdos fundamentais para o ensino de Zoologia como reprodução, alimentação, anatomia e fisiologia. A proposta dos autores é, considerando a falta de espaço da classificação biológica nos livros didáticos, tão somente fornecer os subsídios necessários para trabalhar a Zoologia em íntima associação com a Sistemática Filogenética para permitir um entendimento mais integrado da diversidade biológica e das relações de parentesco entre os grupos.

Na primeira parte deste livro, dedicamos um capítulo para explicar conceitos fundamentais da Sistemática Filogenética. Na segunda parte, nós acompanhamos a evolução dos metazoários desde antes da primeira bifurcação, discutindo as sinapomorfias mais relevantes de cada uma das nove linhagens de invertebrados estudadas na Educação Básica. Após apresentar e discorrer sobre os cladogramas e as listas de sinapomorfias, os grupos são tratados brevemente e alguns de seus representantes mais icônicos são ilustrados. Além disso, o material também conta com recomendações de abordagens didáticas e atividades para tratar alguns assuntos mais suscetíveis a confusão e diversas curiosidades sobre os grupos. Neste material você vai encontrar as seguintes seções:

1	LISTA DE SINAPOMORFIAS: Enumera todas as sinapomorfias mostradas nos cladogramas.
2	#CURIOSIDADE: Traz algumas curiosidades e informações interessantes que não fazem parte necessariamente dos tópicos abordados nos livros didáticos.
3	#AGENTEINDICA: Dicas de atividades e abordagens para tratar os assuntos com os alunos.
4	#FICADEOLHO: Explicações mais detalhadas sobre pontos do conteúdo que podem gerar confusão.
5	GLOSSÁRIO: Explica alguns termos técnicos que podem gerar dúvidas.

SUMÁRIO

PARTE I

Capítulo 1: Um breve histórico.....	4
Capítulo 2: Introdução à Sistemática Filogenética.....	11

PARTE II

Capítulo 3: Porifera e Cnidaria.....	20
Capítulo 4: Deuterostomia - Echinodermata e Chordata.....	32
Capítulo 5: Spiralia - Platyhelminthes, Mollusca e Annelida.....	39
Capítulo 6: Ecdysozoa – Nematoda e Arthropoda.....	51

PARTE I

Capítulo 1: Um breve histórico

INTRODUÇÃO

Neste primeiro capítulo, você, professor, encontrará uma breve apresentação do desenvolvimento histórico do conhecimento científico. Muitas vezes os livros didáticos acabam - mesmo que involuntariamente - promovendo uma visão de que a Ciência é edificada por umas poucas mentes iluminadas que experimentam epifanias repentinas ou saem em jornadas transformadoras e retornam com teorias revolucionárias. Essa é uma visão deturpada da construção do conhecimento científico. Não que epifanias repentinas e jornadas transformadoras não existam, mas o processo real é muito mais mundano e menos romântico. A Ciência é o resultado de sucessivas formulações e testes de hipótese, debates metodológicos e discussões sobre interpretação de dados, e nem as celebradas mentes brilhantes estão a salvo de se encontrar no lado errado do debate de vez em quando.

Acreditamos que o caminho para evitar essa visão irreal do conhecimento científico seja abordar elementos da História da Ciência, de modo que antes de entrar no conteúdo propriamente dito, apresentamos um breve histórico dos sistemas de classificação biológica no presente capítulo. Evidente que se trata de uma exposição resumida: não acreditamos que a Educação Básica seja o momento adequado para discussões extensas sobre escolas de classificação, por mais interessante que o assunto seja.

Antes de abordar diretamente os conhecimentos relacionados ao estudo da Zoologia e da Sistemática, convém fazer um levantamento do conhecimento sincrético dos alunos. Pergunte a eles o que eles entendem por Zoologia, o que eles acham que vão estudar, se eles conseguem citar alguns exemplos diferentes de animais e identificar que alguns são mais parecidos entre si do que com outros e a

que eles acham que se devem essas semelhanças e diferenças... Esse procedimento é importante porque os alunos não chegam na aula como tábulas rasas, prontos para serem preenchidos pelo conhecimento que será passado pelo professor. Na verdade, os estudantes já contam com uma série de visões e impressões oriundas da prática social. Em geral, essas impressões são caracterizadas por uma forte influência do senso comum, que por não possuir a mesma rigorosidade do conhecimento científico, acaba por propagar uma visão essencialista, utilitarista e até preconceituosa da biodiversidade. Sendo assim, essa busca pelos conhecimentos que devem ser aprendidos pelos estudantes, parte do professor. É o professor que garante a sistematização dos conteúdos de ensino a fim de que ocorra a ascensão da síncrese à síntese.

INTRODUÇÃO À SISTEMÁTICA: COMO CHEGAMOS ATÉ AQUI?

Antes de esclarecermos a você, professor, no que consiste a Sistemática e qual sua relação com o ensino de Zoologia, vamos dedicar esses próximos parágrafos a um breve apanhado histórico a respeito dos sistemas de classificação biológica. O intuito desse momento é possibilitar que você, enquanto professor, tenha a noção clara que os conhecimentos de Sistemática disponíveis nos dias atuais desenvolveram-se historicamente e não estão completamente esgotados.

No que compete à classificação biológica, não é muito complicado imaginar o que motivou a humanidade a desenvolver tal recurso. Sabe-se que, desde a Antiguidade Clássica, a presença de mecanismos para classificar a diversidade de fauna e flora já era algo recorrente no trabalho de pensadores gregos. Dentre esses, um dos nomes de maior destaque é o de Aristóteles (384 - 322 a.C.) que chegou a elaborar um sistema de classificação que ordenava os animais segundo seu tipo de reprodução e pela presença ou não de sangue vermelho.

Apesar dos aspectos considerados por esse pensador parecem esquisitos, é interessante pontuar que, dessas observações feitas para classificar a biodiversidade, surgiram bases para constatações muito relevantes e que ainda são

aplicáveis nos dias atuais. A título de exemplificação, pode-se citar as contribuições dos estudos anatômicos de Aristóteles que possibilitaram constatar que as baleias e golfinhos são mamíferos, e, por tanto, não poderiam ser classificados como os demais peixes.

Bom, dando sequência a essa explanação histórica, algumas considerações são relevantes para compreender os principais eventos que influenciaram o desenvolvimento da sistemática. Com o fim da Antiguidade Clássica, boa parte do mundo conhecido até então entrou em um período histórico conhecido por Idade Média. Nessa época, é possível notar uma queda considerável de trabalhos relacionados à Biologia e, dessa forma, acredita-se que pouco do pensamento oriundo da herança aristotélica foi desenvolvido ou modificado.

Somente em meados do século XVI com o maior desenvolvimento da Renascença e das Grandes Navegações europeias, essa situação de estagnação começou a se modificar. O encontro e a conquista de novos continentes por navegadores europeus possibilitou o acesso a uma biota que esse povo, até então, não havia explorado. Novas espécies de plantas e animais rapidamente passaram a despertar a curiosidade de estudiosos ao redor do planeta, uma vez que esses achados poderiam gerar riquezas. Essa nova realidade motivou que naturalistas acompanhassem as viagens aos novos continentes e listassem as espécies encontradas.

Dentre os naturalistas que se dedicaram a estudar e catalogar as espécies conhecidas, um dos nomes mais expressivos é o de Carl von Linné (1707-1778), também conhecido como Lineu. Vivendo no século XVIII, Lineu era como a maioria das pessoas de seu período, isto é, influenciado por preceitos bíblicos, como a criação divina das espécies. Ainda assim, tal pesquisador buscou organizar os sistemas de classificação biológica utilizados pelo mundo, uma vez que eles eram arbitrários e geravam confusão entre os demais naturalistas. Suas maiores contribuições foram desenvolver um sistema hierárquico com níveis definidos para organização de espécies (espécie, gênero, ordem, classe, família e reino) e o sistema de nomenclatura binomial para espécies, sendo esse constituído pelo nome

do gênero e pelo epíteto específico. É necessário pontuar aqui que as contribuições de Lineu trouxeram inovações formais, ou seja, no mecanismo de organização das informações referentes a descrever, nomear e classificar as espécies. Nesse sentido, a ordem natural para o entendimento das relações dos organismos era, basicamente, a mesma que predominava antes de seu trabalho, isto é, pautada em preceitos religiosos e aristotélicos.

Essa realidade começou a mudar no século XIX com as contribuições de naturalistas como Lamarck, Darwin e Wallace. Jean Baptiste de Monet – o cavaleiro de Lamarck (1744-1829) – foi um naturalista francês que, no ano de 1809, publicou o livro *Philosophie Zoologique* (Filosofia Zoológica), no qual ele propôs uma explicação para a evolução biológica que ficou conhecida como lamarckismo. Nessa obra, podemos encontrar os quatro princípios essenciais para sua teoria, a saber: ocorrência de geração espontânea, lei do uso e desuso, herança dos caracteres adquiridos e tendência ao aumento de complexidade. Logicamente, nos dias atuais, sabemos que o modelo proposto por Lamarck mostrou-se falho na grande maioria dos princípios apresentados. No entanto, ele foi relevante, pois consistiu, até então, na primeira teoria moderna coesa, satisfatória à época e sistematizada, que objetivava explicar como e porque as espécies mudam.

Cerca de 50 anos após os trabalhos de Lamarck, Charles Darwin (1809-1882) em colaboração com Alfred Wallace (1823-1913) desenvolve a teoria da evolução por seleção natural. Esses naturalistas apresentaram um trabalho em 1858, propondo a existência de um princípio geral da natureza, segundo o qual apenas uma minoria de indivíduos de uma população estaria melhor adaptada que os demais e sobreviveria à luta por recursos. Esses sobrevivente deixariam mais descendentes para a próxima geração o que, por conseguinte, aumentaria a frequência das características mais vantajosas na população. Em 1859, Darwin publica o livro *Origem das Espécies* no qual ele aponta evidências para esse fenômeno, denominando-o de Seleção Natural. Ademais, nessa mesma obra, o autor também aponta a ideia da existência de um ancestral comum para todas as formas de vida.

Considerando os pressupostos mencionados, considera-se uma origem única para as espécies, sendo que elas surgiram a partir de um ancestral comum. Esse indivíduo teria dado origem a outras espécies, que, ao se modificarem, também teriam dado origem a mais espécies. Assim, para a evolução darwinista, dois processos são considerados. Um deles é a anagênese que atua sobre cada espécie isoladamente ao longo de sua existência, como a seleção natural. O outro é a cladogênese que consiste no processo pelo qual uma espécie se divide, originando descendentes.

À luz da compreensão desses aspectos evolutivos, podemos refletir a respeito de uma das maiores escolas de sistemática contemporânea: a Sistemática Filogenética. Essa corrente teórica é também denominada de Cladística e teve como um de seus principais contribuidores o entomólogo Willi Hennig (1913-1976). Um de seus pontos principais consiste na vinculação entre os conhecimentos de evolução biológica para elaboração de sistemas de classificação dos seres vivos. Para além desses, há a existências de outros pontos básicos, como utilizar classificações que considerem apenas a cladogênese e a consideração de grupos monofiléticos para análise das classificações biológicas.

#GLOSSÁRIO:

Naturalista: aquele que é estudioso das áreas do conhecimento abrangidas pela história natural.

Seleção Natural: processo pelo qual indivíduos portadores de características não vantajosas, ou seja, pouco adaptadas ao meio teriam um menor sucesso reprodutivo, deixando menos descendentes.

Grupos monofiléticos: Grupo taxonômico composto exclusivamente por todos os descendentes de um ancestral comum.

#AGENTEINDICA:

Existe pouco material acessível para os alunos sobre este assunto, porém, se algum deles se mostrar mais interessado na história da classificação biológica, nós recomendamos o vídeo *Cladística reconstruindo a Evolução* disponível no YouTube no link: <https://www.youtube.com/watch?v=SAoFkZczm2Y>. Nele, um paleontólogo brasileiro dá uma introdução sobre as principais escolas de classificação biológica e suas inovações, conquistas e falhas, e explica os conceitos básicos da Sistemática Filogenética. O vídeo é longo e denso em informação, de modo que não recomendamos que ele seja reproduzido em sala e nem passado como tarefa, devendo ser recomendado apenas aos estudantes que desejarem se aprofundar no assunto.

#AGENTEINDICA

LEVANTAMENTO DA COMPREENSÃO SINCRÉTICA DOS ALUNOS

Professor (a), você pode utilizar essa atividade para compreender qual a impressão que seus alunos têm a respeito da classificação dos animais e suas relações. Esse é um exercício para ser feito antes da abordagem direta dos filós, ou do ensino de sistemática.

Elaborar um banco de imagens, contendo uma gama de representantes do reino animal (*Animalia*). A título de exemplificação, esse banco poderá conter fotos de insetos, aracnídeos, moluscos, mamíferos (inclusive humanos), aves, peixes e anfíbios. Sugere-se que o professor imprima essas imagens, ou as projete para que os alunos tenham uma boa visualização. Em seguida, deverá ser solicitado que os alunos separem as imagens em grupos do jeito que acharem mais conveniente. Depois, serão feitas perguntas gerais sobre as escolhas de separação que os alunos fizeram. Esses questionamentos terão o intuito de compreender quais concepções que os alunos têm sobre o assunto de “classificação de animais” e quais suas experiências pessoais.

➤ **Sugestão:** separe um espaço na lousa e registre os comentários e as respostas dos alunos, mesmo que por meio de palavras-chave.

MATERIAIS NECESSÁRIOS

- Imagens de representantes do reino animal.

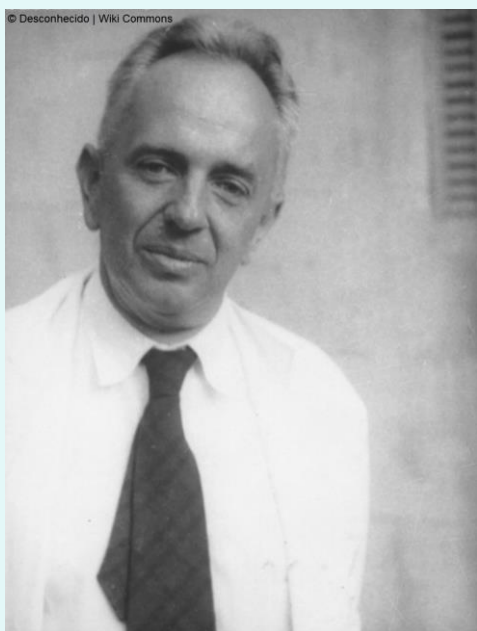
Ideias de perguntas:

- Por que vocês classificaram essas fotos dessa maneira?
- Vocês acham que o ser humano merece um espaço especial nessa classificação? Por quê?
- Dentre esses animais, é possível estabelecer outra classificação?
- Já viu algum animal assim?
- Vocês sabem o que é um invertebrado?

Durante essa atividade, algumas ações são esperadas dos alunos, como classificar o ser humano à parte do grupo de mamíferos, ou mesmo estabelecer uma relação de inferioridade entre os diferentes animais representados. Esse é um campo fértil para iniciar a discussão sobre cladogramas. Use o segundo capítulo como base uma das bases teóricas.

Capítulo 2: Conhecimentos Básicos sobre Sistemática

INTRODUÇÃO



"Nada em Biologia faz sentido, a não ser sob a luz da Evolução" - Theodosius Dobzhansky (1900-1975).

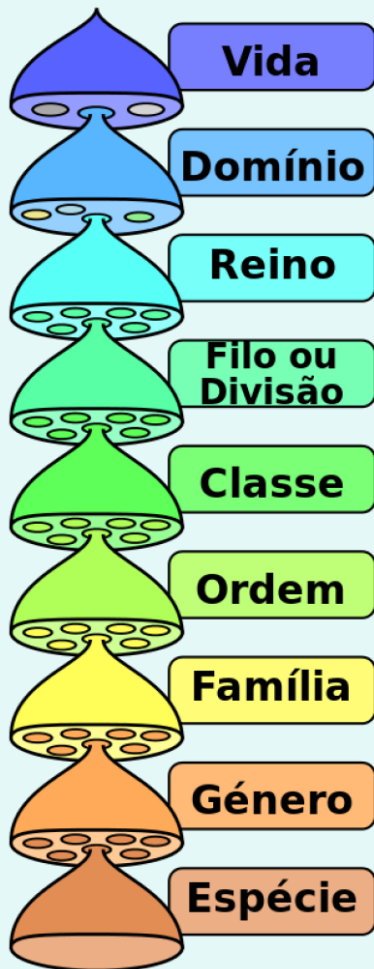
Neste capítulo, abordaremos alguns tópicos e conceitos relacionados à Sistemática Filogenética que podem ser úteis para a elaboração de suas aulas. Tanto os Parâmetros Curriculares Nacionais, quanto alguns currículos regionais, apontam a grande importância da filogenia, da compreensão de cladogramas e relações filogenéticas para direcionar o processo de ensino-aprendizagem. Isso acontece, pois a Evolução é a grande área unificadora dos conhecimentos biológicos, sendo a teoria mais central e unificadora da Biologia. Portanto, professor(a), se você conseguir se apropriar dos conceitos que serão abaixo

apresentados e aplicá-los durante suas aulas de Ciência, tenha certeza de que estará ministrando suas aulas de modo condizente com o conhecimento científico atual.

A CLASSIFICAÇÃO BIOLÓGICA

Sempre que vamos estudar algo, é natural que o primeiro passo seja uma classificação. Agrupar os objetos de estudo segundo algum critério pode ser muito valioso para fazer observações e generalizações adequadas, e não é diferente quando falamos da diversidade biológica. Como classificar os organismos sempre

foi - e ainda é - imprescindível para um entendimento mais amplo da diversidade biológica.



Conforme já pontuamos, o sistema de classificação biológica mais antigo de que se tem notícia foi elaborado por Aristóteles (384-322 a.c.), no qual a vida era dividida em dois grupos: os animais, que se moviam, e as plantas, que eram imóveis. Mais de um milênio depois, em 1735, o botânico sueco Carl von Linné - ou Lineu (1707-1778) - desenvolveu um novo sistema que revolucionaria a classificação biológica. O sistema de Lineu classificava os organismos em agrupamentos hierárquicos chamados Reino, Classe, Ordem, Gênero e Espécie. Posteriormente, outras foram adicionadas: o Domínio, o Filo/Divisão e a Família, assim como outras categorias secundárias como superordens, subfamílias, tribos etc. As categorias de Lineu, que ainda são bastante utilizadas até hoje, estão representadas no esquema ao lado.

Outra grande inovação do sistema lineano, e sem dúvidas a sua maior contribuição para o estudo da vida, foi a nomeação das espécies. Lineu desenvolveu um sistema onde cada espécie recebia um nome único, composto de duas palavras. A primeira, conhecida como epíteto genérico, faz referência ao gênero ao qual a espécie pertence, e a segunda, conhecida como epíteto específico, é escrita após o nome do gênero, para formar o nome da espécie. Por exemplo: *Canis* é um gênero que agrupa diferentes espécies de animais, como: *Canis familiaris*, (cão doméstico), *Canis lupus* (lobo) e *Canis latrans* (coiote).

#AGENTEINDICA:

Enfatize para os alunos que *familiaris*, *lupus* e *latrans* não são os nomes das espécies. O nome da espécie só é formado pelo epíteto genérico e epíteto específico juntos!

Contudo, apesar da sua contribuição, a classificação lineana também tinha suas falhas. O sistema foi criado sem considerar a evolução biológica, uma vez que Darwin só publicou suas ideias em 1859, mais de um século depois! Lineu considerava que as espécies eram imutáveis, e que haviam sido criadas simultaneamente e de maneira independente umas das outras. Além disso, seu sistema de classificação não contava com um critério objetivo de agrupamento dos organismos, o que acabava gerando alguns conflitos.

Entre outras contribuições, a Teoria da Evolução diz que todas as formas de vida na Terra são aparentadas em algum nível, ou seja, todas elas dividem um mesmo ancestral em comum. Exatamente da mesma forma como dividimos ancestrais com irmãos e primos, também o fazemos com cães, jacarés, aranhas, samambaias, fungos e bactérias! A diferença é só o grau de parentesco. Enquanto os ancestrais em comum que dividimos com nossos irmãos e primos são muito recentes (nossos pais e avós), os ancestrais que dividimos com essas outras formas de vida são muito mais antigos. Claro que temos um parentesco mais próximo com algumas do que com outras. Por exemplo, o parentesco dos humanos com os gorilas é bem próximo quando consideramos toda a diversidade biológica, enquanto nosso parentesco com uma aranha já é bem mais distante.

#AGENTEINDICA:

Peça para seus alunos pensarem nisso como uma família humana. Diga que o gorila e o humano são como irmãos, o cão seria como um primo de primeiro grau, o jacaré seria um primo de segundo e a aranha um primo de terceiro. Enfatize que o gorila e o humano são mais próximos entre si do que com qualquer um dos outros. Que o cão é igualmente relacionado aos dois e assim sucessivamente.

Mesmo tendo sido proposta em 1859, foi só após 1950, com o desenvolvimento da Sistemática Filogenética (ou Cladística) pelo biólogo alemão Willi Hennig (1913-1976), que a classificação biológica passou a ser conduzida por

meio de caracteres objetivos embasados na Teoria da Evolução. Na Sistemática Filogenética, os organismos são agrupados pela sua ancestralidade em comum, ou seja, os grupos passam a refletir a história evolutiva dos seus integrantes. Outra forma de dizer isso é que, na Cladística, os grupos são, na verdade, linhagens. Essas linhagens, ou, em uma linguagem mais técnica, grupos monofiléticos são compostos por todos os descendentes de um mesmo ancestral e são sustentadas por características derivadas compartilhadas pelos seus integrantes, e podem receber ou não nomes próprios.

#GLOSSÁRIO:

Táxon: Uma linhagem que recebe um nome próprio é conhecida como táxon. Exemplo: Homo sapiens é um táxon, Homo é outro, mais abrangente e que inclui o primeiro. Angiosperma é outro táxon, ainda maior, mas que não inclui os outros dois.

Sistemática: É uma área da Biologia que busca classificar os seres vivos, considerando os seus parentescos evolutivos.

Classificação biológica: também denominada por taxonomia, se refere ao modo como são categorizadas as espécies de seres vivos, sejam eles extintos ou atuais. Esse é um sistema hierárquico de categorias com base nas relações naturais presumidas entre os organismos.

#AGENTEINDICA:

Peça para os alunos pensarem que um dia terão filhos, netos e bisnetos, e um número enorme de descendentes mesmo depois de não estarem mais vivos. Explique que todos esses descendentes formam a linhagem deles, assim como eles formam a linhagem de seus pais e avós. Explique agora que as linhagens biológicas nada mais são do que árvores genealógicas como as das famílias humanas, mas muito mais antigas, e, portanto, muito maiores.

Características homólogas são aquelas que, sob qualquer forma ou função, têm a mesma origem evolutiva. Por outro lado, características análogas são as que possuem origens evolutivas distintas, mesmo tendo alguma similaridade em forma e

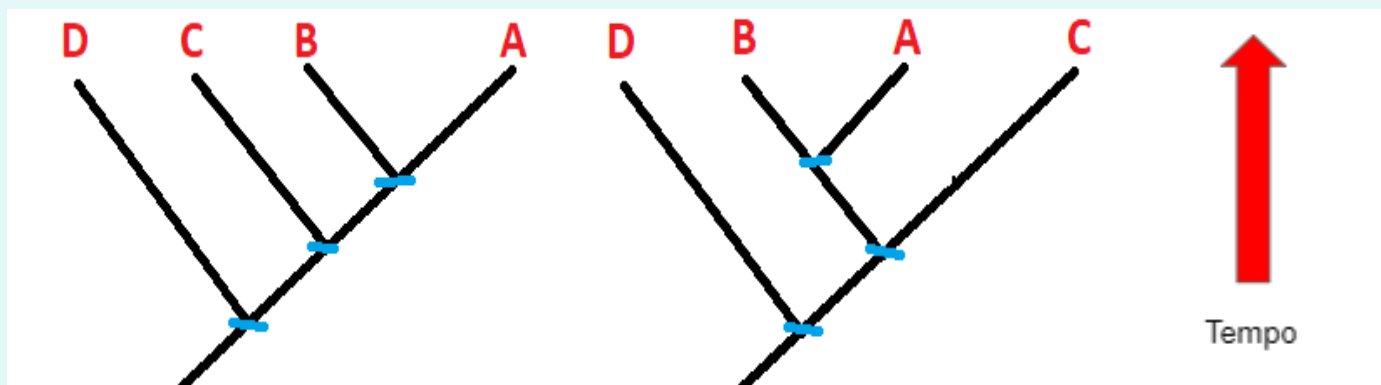
função. As penas, por exemplo, são uma homologia dos pinguins e dos sabiás, elas possuem a mesma origem evolutiva mesmo servindo a funções diferentes. As asas de uma libélula e de um canário, por sua vez, são análogas, porque, apesar de servirem à mesma função, surgiram de forma independente em cada um desses grupos.

#AGENTEINDICA:

Aponte para os seus alunos que é possível afirmar isso porque as penas estão presentes em todas as aves, então é mais razoável assumir que elas surgiram no ancestral de todas elas uma vez que foram passadas adiante do que assumir que as penas surgiram de maneira independente em todas as milhares de espécies de aves.

É HORA DOS CLADOGRAMAS!!

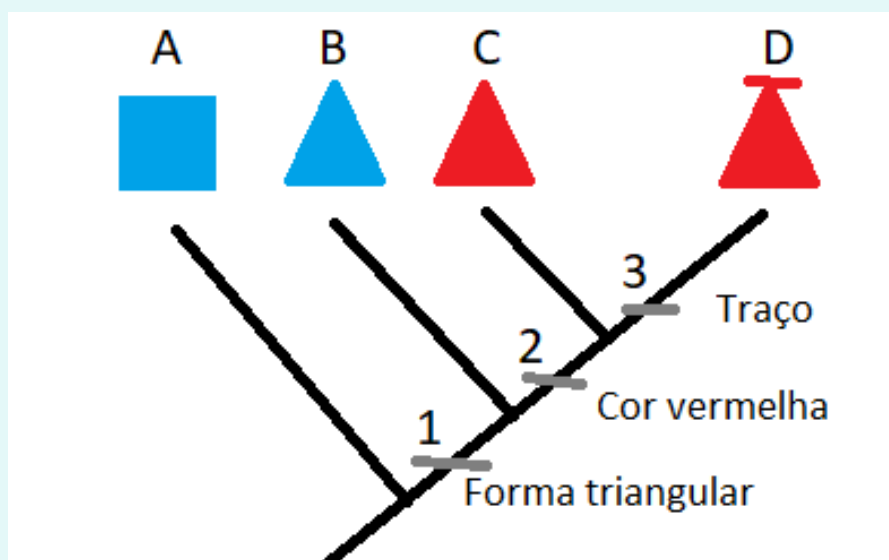
Um cladograma – ou árvore filogenética – é um gráfico que evidencia as relações de parentesco entre organismos. Observe a figura abaixo: a linha preta representa uma linhagem que tem sua origem no ponto mais baixo do cladograma. Ao longo do tempo - que corre de baixo para cima - essa linhagem se divide em pontos denominados “nós” e que estão marcados em azul. O topo do cladograma representa o presente, de modo que todas as linhas que atingem o topo representam linhagens que sobreviveram até hoje. Podemos ver que a espécie A é mais próxima de B do que de C, já que os dois dividem um ancestral comum mais recente. Da mesma forma, C é mais próximo do grupo A+B do que de D pelo mesmo motivo. Note que ambos os cladogramas abaixo dizem a mesma coisa, apesar de parecerem diferentes. A ordem em que os táxons aparecem na imagem é irrelevante, o que importa são as relações entre eles. Perceba que os nós do cladograma podem ser girados livremente sem alterar o significado do gráfico.



#FICADEOLHO:

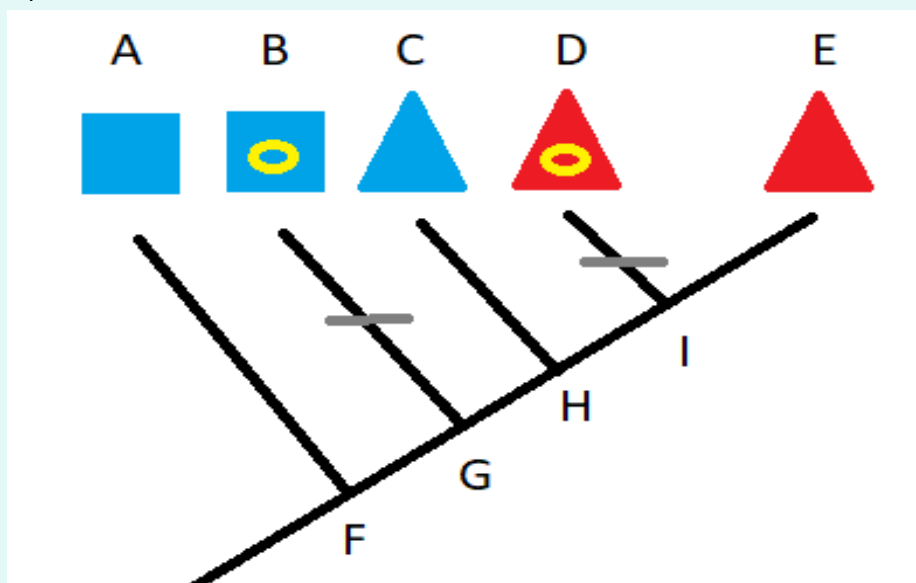
Os cladogramas não representam uma relação hierárquica do organismo mais simples para o mais evoluído! Eles evidenciam a história evolutiva dos diferentes grupos, de modo a representar os ancestrais comuns e características compartilhadas pelas diversas linhagens

Agora, é a hora de falar de características ancestrais e derivadas. Olhando para as características dos táxons, vemos claramente que, nesta linhagem, a forma triangular surgiu antes da cor vermelha, que surgiu antes do traço. Uma característica ancestral - ou plesiomórfica - é aquela que já estava presente na linhagem antes do ponto em análise. Uma característica derivada - ou apomórfica - por sua vez, é aquela que representa uma novidade evolutiva. Algo que não estava presente na linhagem até o momento que está sendo analisado.



Vamos analisar essa imagem. No ponto 1, a forma triangular é uma apomorfia (derivada) e a forma quadrada é uma plesiomorfia (ancestral). No ponto 2, a forma triangular já é uma plesiomorfia, porque nesse ponto ela já não é mais uma novidade, e sim uma característica ancestral. Da mesma forma, no ponto 2, a cor vermelha é uma apomorfia e no ponto 3, o traço é uma apomorfia. Apomorfias, quando compartilhadas por dois ou mais táxons são chamadas de sinapomorfias, que são sinônimos de homologias, que foram tratadas acima, ou seja, características que possuem uma origem evolutiva em comum, e constituem a única evidência de parentesco evolutivo.

Segundo a Sistemática Filogenética, os agrupamentos devem refletir a história evolutiva dos grupos e devem ser definidos pelas características derivadas (homologias / sinapomorfias) que sejam compartilhadas por eles. O grupo B+C+D é caracterizado pela característica derivada da "forma triangular", e todos os seus integrantes compartilham um mesmo ancestral em comum que é exclusivo de todos esses táxons. Ou seja, esse agrupamento reflete a história evolutiva do grupo. O grupo C+D, por sua vez, é caracterizado pela homologia "cor vermelha", e esses táxons compartilham um ancestral em comum exclusivo deles. Atenção, não é a característica que dita os integrantes do grupo. Os integrantes de um grupo são definidos por compartilharem um mesmo ancestral, as apomorfias são as evidências desse parentesco. Claro que em alguns casos, características parecidas não definem grupos.



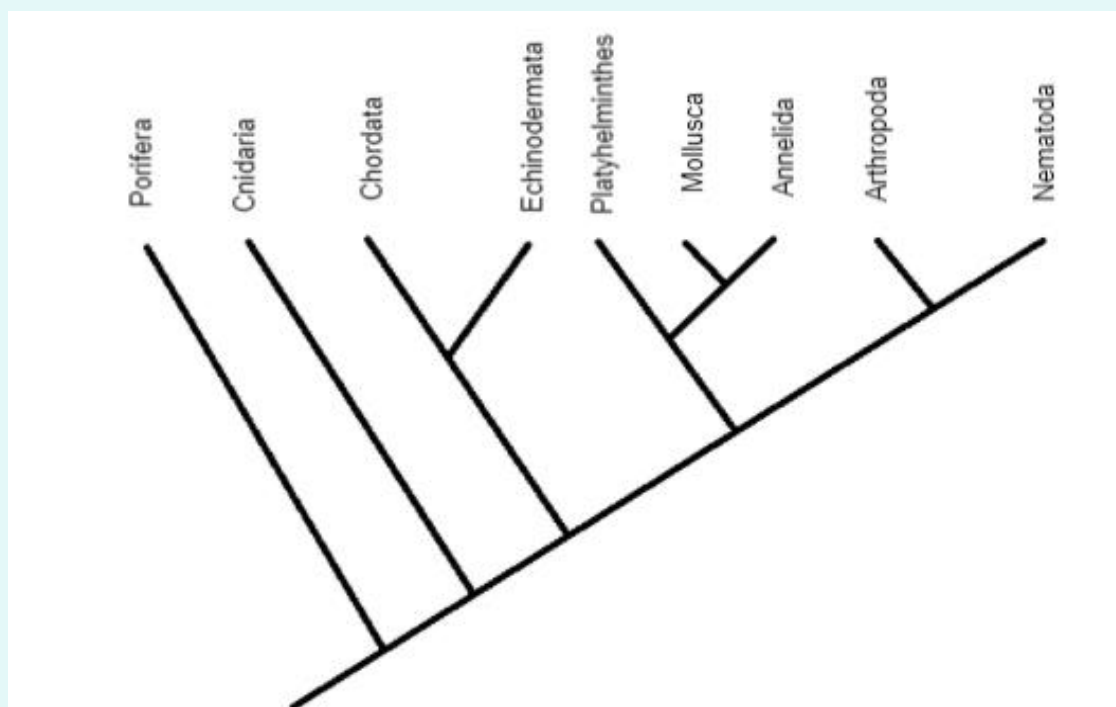
Nesse cladograma, os traços cinza indicam o surgimento da característica “círculo amarelo”. Observe que ela surge de maneira independente em dois táxons. Ou seja, ela é uma característica análoga, isto é, os círculos amarelos não têm a mesma origem evolutiva. Essa característica não pode ser usada para definir um grupo, pois as espécies que possuem um círculo amarelo não formam uma linhagem. Seria como agrupar moscas junto com morcegos só porque os dois voam. Tendo como guia a Sistemática Filogenética, um grupo só pode ser formado quando ele constitui uma linhagem, ou seja, quando ele inclui todos os descendentes de um mesmo ancestral. Dessa forma, B+D não é um grupo válido, mas o grupo B+C+D+E é válido, pois inclui todos os descendentes do ancestral G. Do mesmo modo, o grupo C+E não é válido, pois não inclui todos os descendentes do ancestral H. Para que esse grupo possa ser validado - ou seja, para que ele configure uma linhagem ou grupo monofilético - ele deve incluir também a espécie D.

CONSTRUINDO UMA ÁRVORE FILOGENÉTICA:

#FICADEOLHO:

ÁRVORES FILOGENÉTICAS SERVEM APENAS PARA ESPÉCIES?

NÃO!!! Uma árvore filogenética pode ilustrar relações de parentesco em vários níveis. Nas páginas anteriores você viu o conceito de táxon e sabe que ele pode se referir a reino, espécie e outros. Dizemos que as árvores filogenéticas podem se referir a táxons e, dessa forma, poderíamos construir diferentes árvores filogenéticas que mostrassem relações entre populações, subespécies, espécies ou grandes aglomerados de espécies relacionadas. Abaixo mostramos um cladograma (aqui tratado como sinônimo de árvore filogenética) que mostra as relações entre as linhagens de animais que são estudadas na Educação Básica.



Cladograma da evolução dos animais (simplificado a partir de LAUMER *et al.*, 2019).

#AGENTEINDICA:

ATIVIDADE DE MONTAGEM DE UM CLADOGRAMA

Essa atividade consiste em montar um cladograma que demonstre as relações de parentesco entre seres fictícios. Você pode propô-la aos seus alunos após aulas que abordem os conteúdos básicos de Sistemática Filogenética. Fique à vontade para criar adaptações nos seres fictícios que aumentem ou diminuam o nível de dificuldade da atividade.

MATERIAIS NECESSÁRIOS:

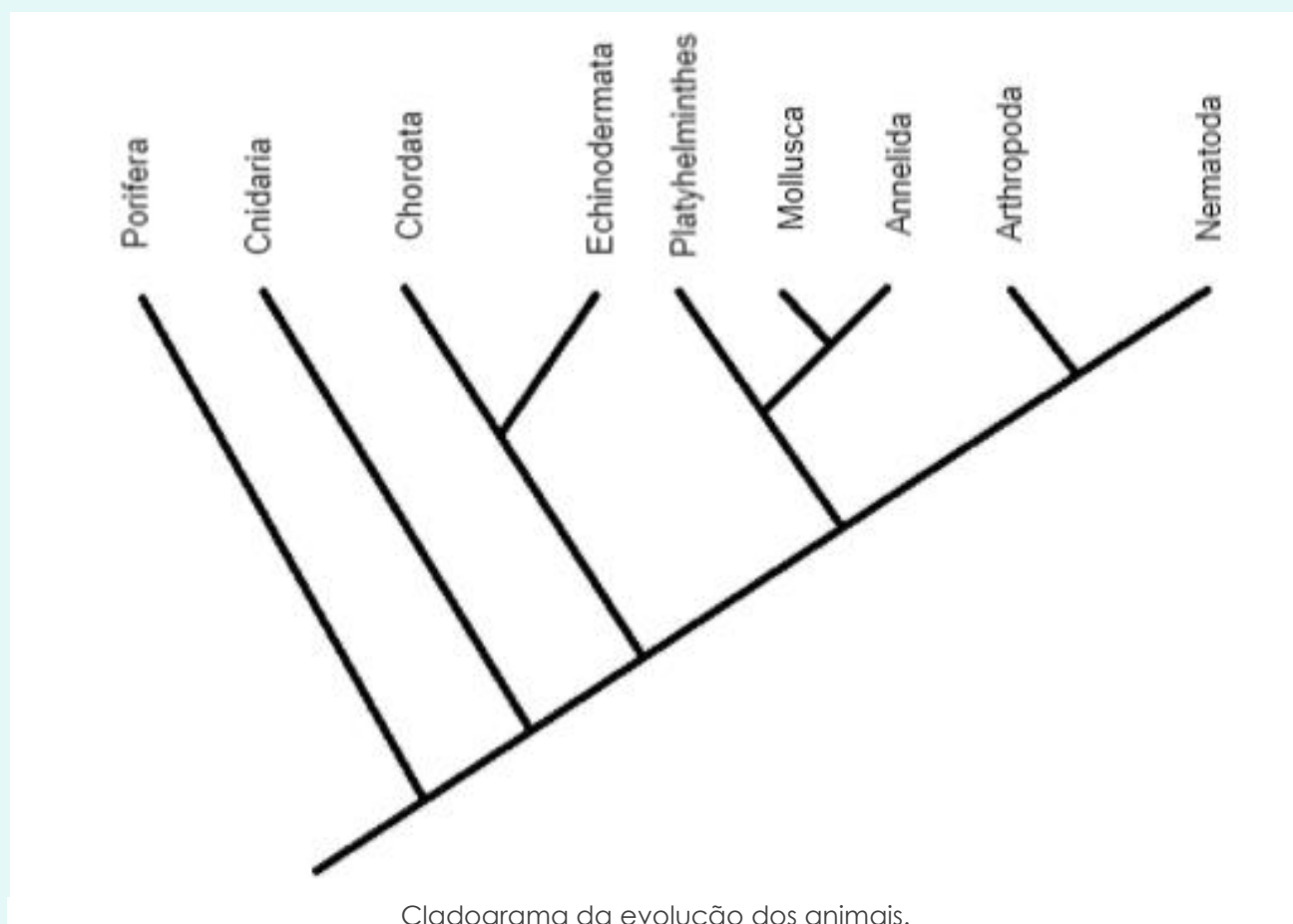
- Papel;
- Lápis;
- Régua;
- Ilustração dos seres fictícios

PARTE II

Capítulo 3: Porifera e Cnidaria

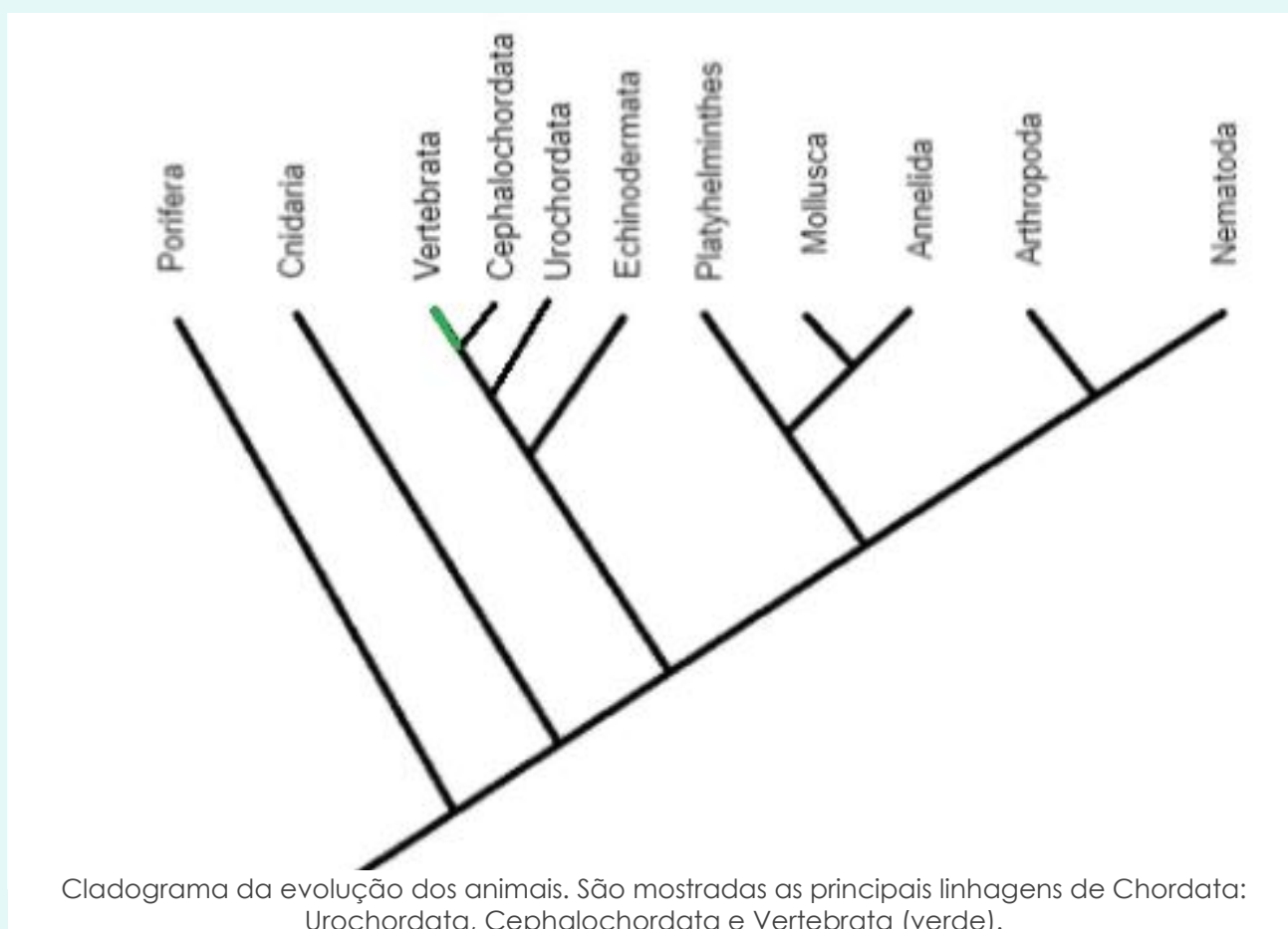
INTRODUÇÃO

Agora já sabemos que os animais formam uma linhagem, ou seja, constituem um grupo formado por todos os descendentes em comum do mesmo ancestral. Na Educação Básica, são estudadas nove linhagens de animais (consideradas filas, pela classificação lineana) que estão representadas no cladograma abaixo. Na realidade, o número de filas animais é muito maior, mas a maior parte deles não é tratada na escola.



Como já foi discutido no capítulo 1, a classificação biológica se baseia na ancestralidade comum, de modo que os grupos são, na verdade, linhagens. Contudo, é comum nos depararmos com classificações que não se apoiam nos

mesmos critérios. Uma dessas classificações, muito vista no estudo da Zoologia, é a diferenciação entre animais vertebrados e invertebrados. Como os próprios nomes sugerem, estes animais são agrupados de acordo com a presença ou não de vértebras. Os vertebrados, de fato, formam uma linhagem monofilética, cuja sinapomorfia mais conhecida é a presença de vértebras. Os invertebrados, por sua vez, não. Veja no cladograma abaixo que não é possível incluir todos os invertebrados em uma linhagem que não inclua também os vertebrados (em verde).



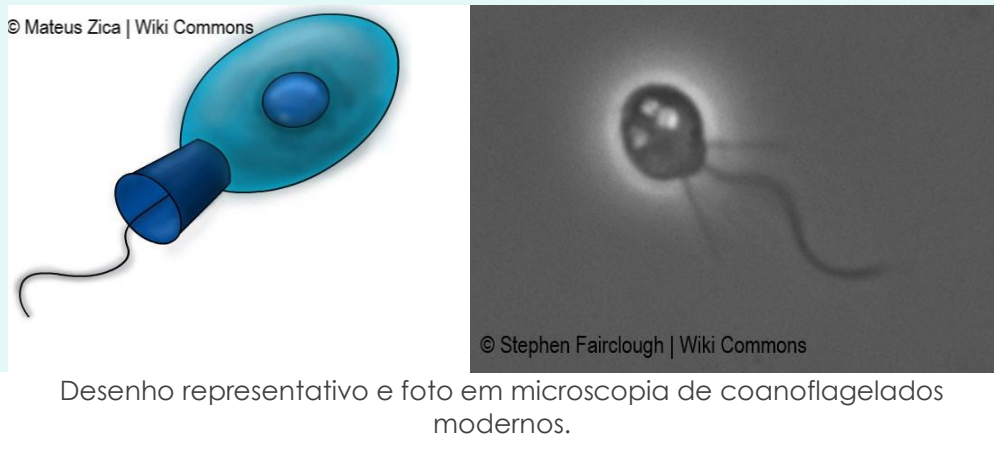
Ainda assim, essas classificações podem ser úteis em termos práticos. Neste material, nós focamos apenas no ensino dos invertebrados. Fizemos essa opção porque este grupo é tradicionalmente ensinado antes dos vertebrados pelos professores de Ciência e Biologia. Dessa forma, um professor que utilize este livro para implementar uma perspectiva evolutiva às suas aulas de Zoologia de Invertebrados pode aplicar a mesma abordagem depois no ensino de vertebrados,

mesmo que este material não abarque esta linhagem. É comum, porém, que o ensino de Zoologia conduzido em uma ordem de “complexidade” corrobore uma visão inadequada da biodiversidade, que coloca as linhagens em posições hierárquicas em relação às outras em uma “escala da vida”. Para evitar esse tipo de entendimento, nós trabalhamos a Zoologia neste livro sob uma perspectiva fundamentalmente evolutiva, através de conceitos da Sistemática Filogenética que já foram trabalhados no capítulo 1. A ordem em que os grupos são trazidos na parte II segue a sequência de divergência temporal das linhagens, mas é um pouco diferente da ordem tradicionalmente utilizada nos livros didáticos, justamente para evitar a construção de um pensamento hierárquico pelos estudantes.

Este terceiro capítulo do livro - e primeiro da segunda parte - traz uma breve discussão sobre o ancestral comum de todos os animais e uma exposição sobre as apomorfias mais importantes surgidas na linhagem dos metazoários até as suas primeiras bifurcações. Também serão tratados os dois filos mais basais (dentre os estudados na Educação Básica): 18 Porifera e Cnidaria. As próximas páginas trazem informações gerais dos grupos, incluindo algumas imagens, suas principais apomorfias, algumas curiosidades e dicas para o professor.

ANCESTRAL COMUM

Ainda existe debate sobre como teria sido o ancestral comum de todos os animais. Contudo, a maioria dos estudos reconhece que o grupo mais aparentado aos animais é uma linhagem de organismos unicelulares chamada de Choanoflagellata. Muito provavelmente o ancestral de todos os metazoários (animais) era parecido com um coanoflagelado moderno.



#GLOSSÁRIO:

Metazoa: é um dos nomes para a linhagem dos animais. É comum vermos na literatura especializada animais serem chamados de “metazoários”.

#AGENTEINDICA:

Peça para os alunos darem palpites sobre quais são as sinapomorfias dos animais, mas não se alarme se eles não souberem.

#FICADEOLHO:

Revisando rapidamente o que foi visto no capítulo 1, os cladogramas revelam as relações de parentesco entre os grupos. O tempo corre de baixo para cima e as bifurcações representam momentos em que linhagens se separaram. Todas as linhas que chegam ao topo do cladograma representam linhagens que ainda possuem representantes vivos no presente. A linhagem Animalia (ou Metazoa) possui várias sinapomorfias, mas nem todas são identificáveis a olho a nu, algumas são inclusive, caracteres moleculares. Contudo, duas características fáceis de explicar para este grupo são a multicelularidade e a produção de colágeno.

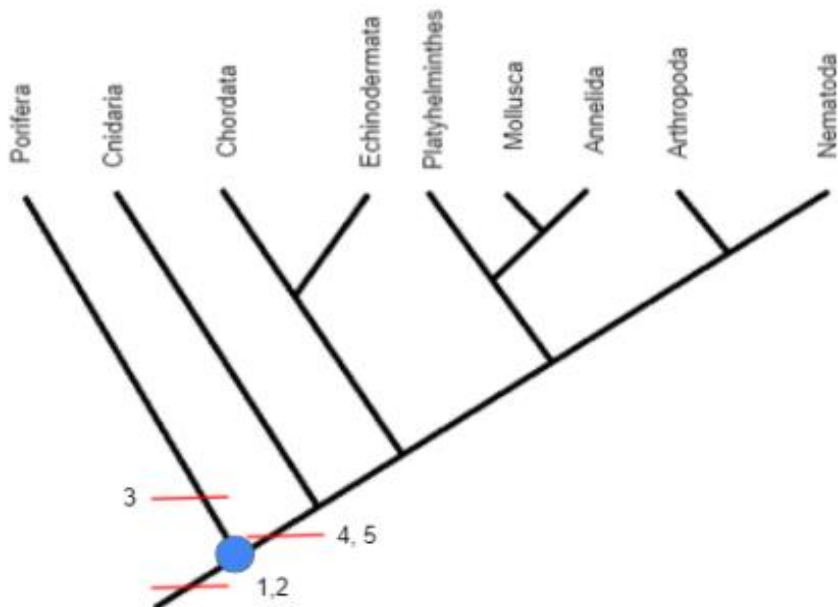


Cladograma da evolução dos animais.

As características 1 (multicelularidade) e 2 (colágeno tipo IV), assim como outras que não estão representadas, surgiram no ancestral de todos os animais e foram passadas adiante, geração por geração até os dias de hoje. Isto é, todos os animais que existem hoje - e todos os que já foram extintos - são multicelulares e produzem uma proteína chamada colágeno IV porque herdaram essas características de seus ancestrais. Vamos subir no cladograma e examinar cada uma das linhagens mais de perto agora.

Avançando no tempo, a primeira bifurcação da árvore (círculo azul) forma duas linhagens mais basais. A da esquerda é chamada Porifera (do latim: *porus*, "poro"; e *ferre*, "possuir") e a outra, sem um nome próprio, é composta por todas as demais linhagens. Uma das sinapomorfias dos poríferos - popularmente conhecidos como "esponjas" - é o porócito, uma célula especializada que possui um furo por onde a água entra no corpo do animal. Essa característica surge no ponto 3, sendo compartilhada entre todos os poríferos e sendo exclusiva desse grupo. Na linhagem da direita, surgem as características 4 e 5, correspondentes aos dois folhetos embrionários e aos epitélios, respectivamente. Dessa forma, todos os animais, com exceção dos poríferos, possuem dois folhetos embrionários e epitélios, porque essas características surgiram depois que a linhagem dos poríferos se separou das demais.

É claro que a diversificação dos poríferos não parou por aí, essa linhagem se dividiu mais vezes, originando diversas sub-linhagens, até formar as mais de 8.500 espécies de esponjas conhecidas (sem contar as já extintas) mas representar isso em um cladograma seria impraticável. Por isso, agrupamos todos esses sub-grupos em apenas um, da mesma forma que nas demais linhagens.



Cladograma da evolução dos animais. Destaque na primeira bifurcação da linhagem.

LISTA DE SINAPOMORFIAS

- 1: Multicelularidade
- 2: Colágeno IV
- 3: Porócito
- 4: Dois folhetos embrionários: (endoderme e ectoderme)
- 5: Epitélios

#AGENTEINDICA:

Sempre que possível, exponha para os alunos a etimologia dos nomes, isso ajuda a compreensão e reduz a necessidade de decorar.

#AGENTEINDICA:

Enfatize para os alunos que a diversificação das linhagens não parou só porque não está representada no cladograma. A opção por omitir a diversidade das linhagens é feita com uma finalidade prática: de outra forma os cladogramas seriam muito grandes e de difícil compreensão.

PORIFERA

Os poríferos - popularmente conhecidos como esponjas - são animais aquáticos, principalmente marinhos, que possuem um sistema aquífero no interior de seus corpos. Estes animais filtram a água que entra pelos porócitos e capturam microrganismos e partículas orgânicas das quais se alimentam. Os poríferos podem ser tão pequenos quanto alguns milímetros e tão grandes quanto mais de um metro. Dentre todos os animais, apenas dentro da linhagem dos poríferos existem animais com corpos assimétricos.

Apesar de todos os poríferos serem sésseis na fase adulta, as larvas dos poríferos têm capacidade de natação. Pouco depois de ocorrer a fertilização do ovócito por um espermatozoide vindo de outra esponja, o zigoto dá origem a uma larva esférica revestida por células ciliadas. A larva nada por algum tempo até se assentar em alguma superfície rígida, onde se fixa e origina uma pequena esponja.



Um porífero de água salgada à esquerda (*Euplectella aspergillum*) e um de água doce à direita (*Spongilla lacustris*).

#GLOSSÁRIO:

Séssil: animal que permanece fixo a uma superfície, sem capacidade de locomoção.

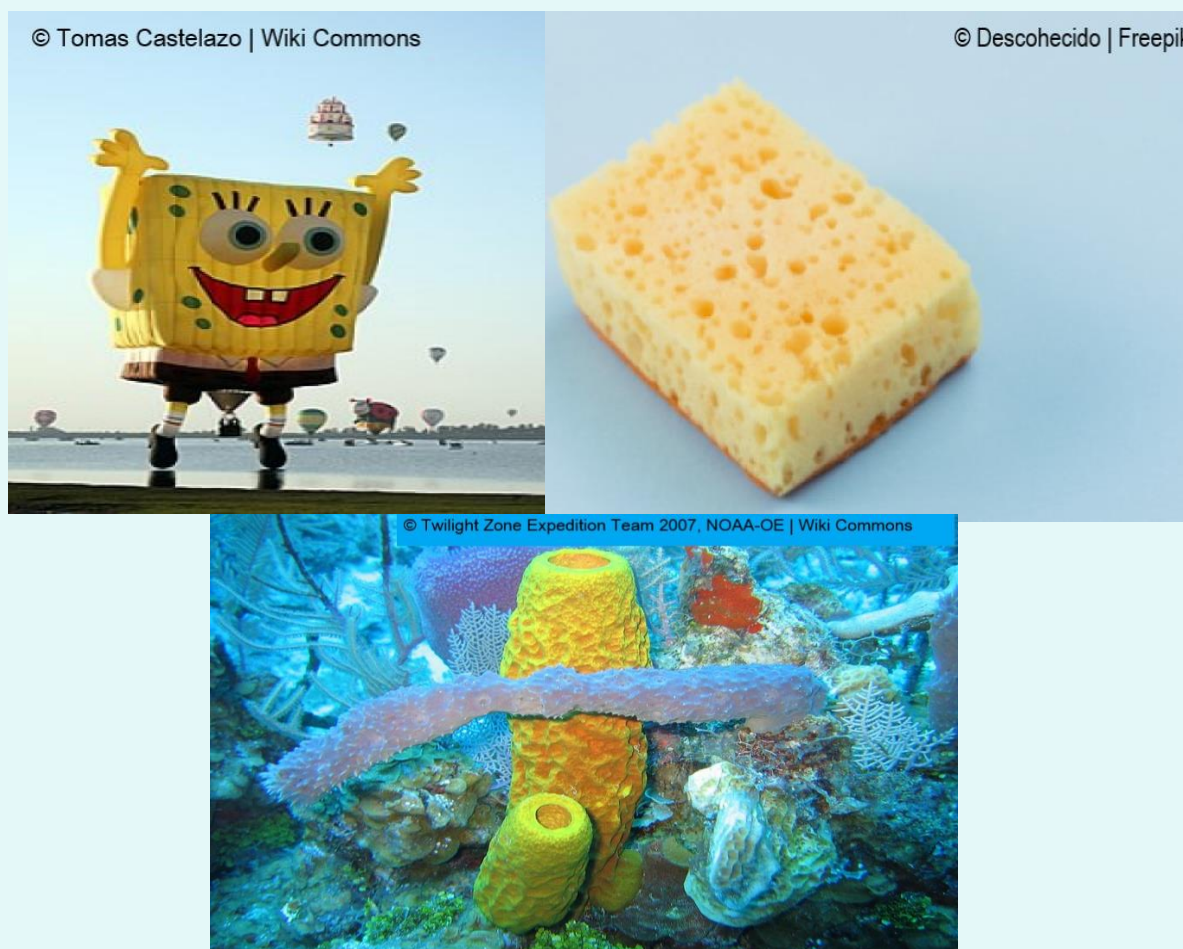
#CURIOSIDADE:

Antes da invenção das esponjas sintéticas, era comum que os corpos de poríferos fossem utilizados para lavar objetos e até para a higiene pessoal. É por isso que

hoje tanto estes animais quanto o objeto de limpeza compartilham o mesmo nome.

#AGENTEINDICA:

Muitos alunos podem associar esponjas ao personagem Bob Esponja Calça-Quadrada. Mostre imagens para eles e explique que, apesar de viver entre animais marinhos, Bob Esponja é, na verdade, uma esponja de limpeza, e não um porífero.



Bob esponja, esponja de limpeza e quatro espécies de poríferos: *Aplysina fistularis* (amarela), *Niphates digitalis* (roxa) e *Spirastrella coccinea* (vermelha) e *Callyspongia* sp. (cinza).

Vamos avançar um pouco mais no tempo agora. A segunda bifurcação da árvore (círculo azul) forma duas linhagens: Cnidaria (águas-vivas, caravelas e anêmonas) e Bilateria (círculo verde), sendo que esta última é formada por todas

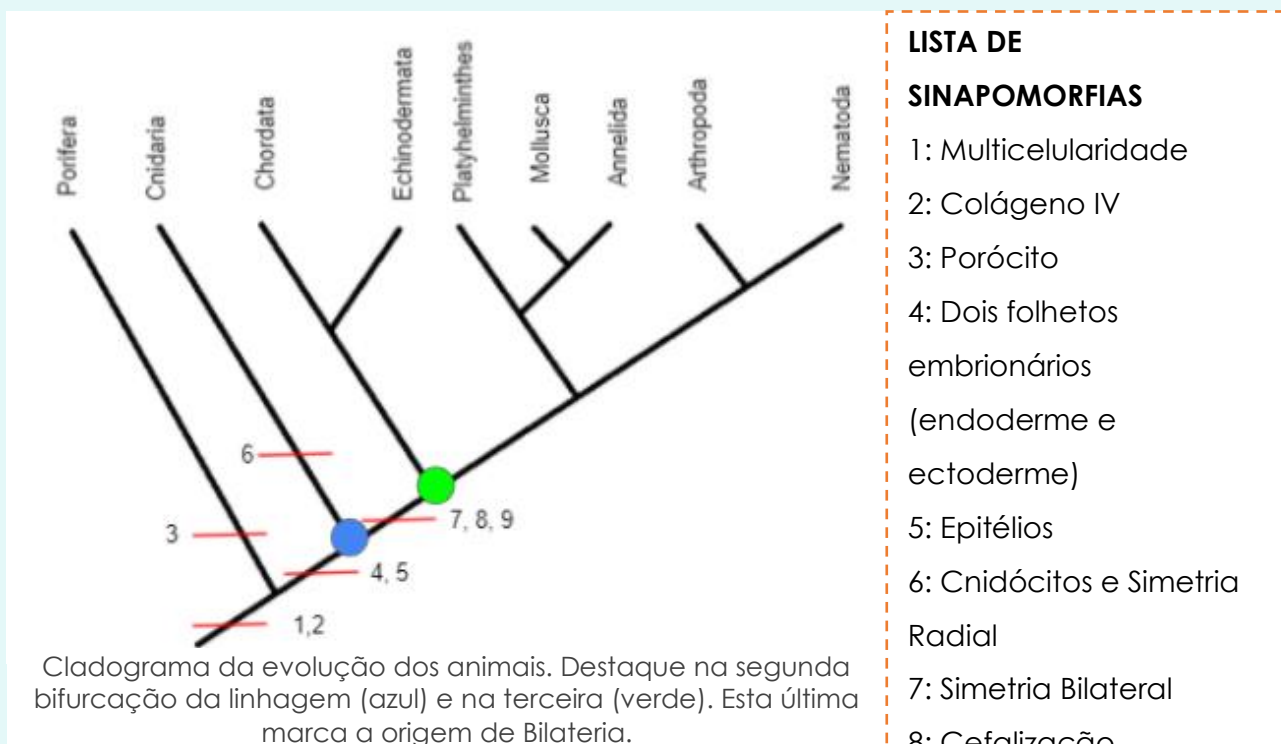
as linhagens com a exceção de Porifera e Cnidaria. No ponto 6, temos uma sinapomorfia dos cnidários, uma célula especializada chamada cnidócito. Em 7, 8 e 9, temos sinapomorfias de Bilateria: simetria bilateral, cefalização e três folhetos embrionários.

#FICADEOLHO:

Bilateria = (Chordata + Echinodermata + Platyhelminthes + Mollusca + Annelida + Arthropoda + Nematoda).

#AGENTEINDICA:

Os caracteres 7, 8 e 9 são muito importantes na evolução de Bilateria. Enfatize com os alunos a importância deles para a locomoção direcional e o desenvolvimento de tecido muscular.



Note que as características não desaparecem (a menos que esteja indicado no cladograma). Dessa forma, Porifera possui as características 1, 2 e 3. Mas como apenas 3 é exclusiva de Porifera, apenas ela é uma sinapomorfia do grupo. Cnidaria, por sua vez, possui 1, 2, 4, 5 e 6. Mas como apenas 6 é exclusiva de Cnidaria, apenas ela é uma sinapomorfia desse grupo. As características 1 e 2, no entanto, também são sinapomorfias, mas de toda a linhagem dos animais.

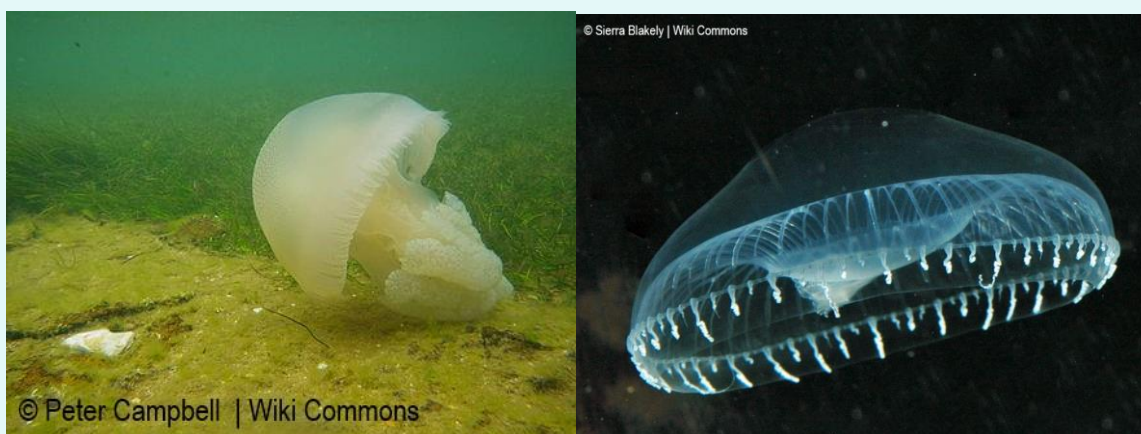
CNIDARIA

Os cnidários possuem uma importante sinapomorfia: os cnidócitos. Os cnidócitos são células especializadas que armazenam substâncias tóxicas em organelas chamadas nematocistos. Estes animais são predadores e utilizam essas substâncias para paralisar e matar suas presas. Os cnidócitos costumam estar distribuídos em tentáculos, que quando tocam outro animal, liberam suas toxinas. Além desta, a outra sinapomorfia listada é a simetria radial. Na história evolutiva dos animais, este grupo é o primeiro a apresentar alguma modalidade de simetria.

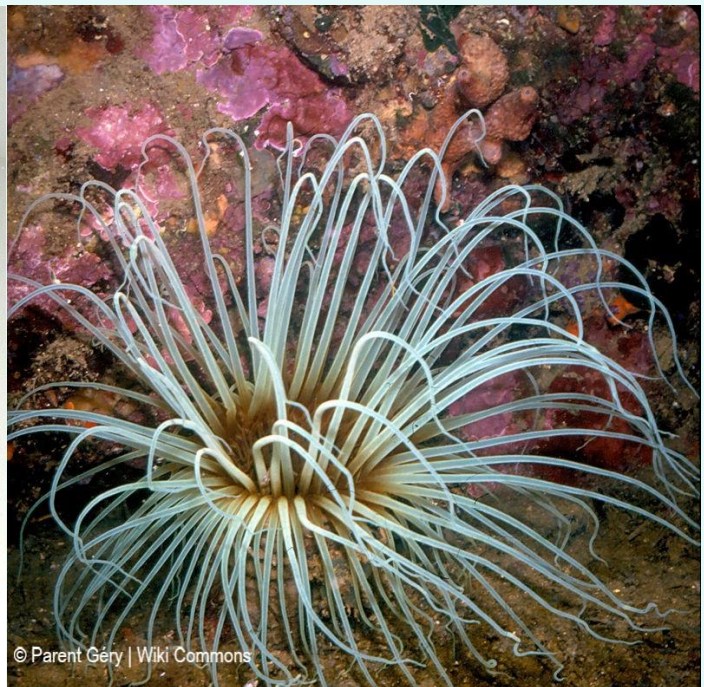
Todos os cnidários são aquáticos, sendo que a maior parte é marinha. Estes animais podem ser sésseis ou de vida livre, coloniais ou independentes. Para muitos cnidários, a mesma espécie pode ter dois tipos de forma corporal: as medusas (de vida livre) e os pólipos (sésseis). Estas espécies apresentam alternância de gerações no hábito de vida. Uma geração de medusas se reproduz e origina uma geração de pólipos, que se reproduzem e originam uma geração de medusas.

#FICADEOLHO

Animais radialmente simétricos são aqueles que podem ser divididos em metades iguais por qualquer plano que corte que atravesse o centro do corpo.



Medusas. *Catostylus mosaicus* (à esquerda) e *Aequorea victoria* (à direita).



Caravela-portuguesa (*Physalia physalis*), uma colônia de cnidários à esquerda e um pólipó (*Cerianthus membranaceus*) à direita.

CURIOSIDADE:

E se você for queimado por um cnidário? Acidentes com estes animais são relativamente comuns nas praias brasileiras, e as queimaduras causadas pelos cnidócitos podem causar muita dor, ou serem até fatais. Existe uma crença popular de que no caso de queimadura por um destes animais, deve-se urinar em cima da ferida. Mas isso é um mito! Além de não resolver a queimadura, essa prática também é anti-higiênica! No caso de queimadura por uma água-viva, anêmona ou caravela, a ferida deve ser lavada com água do mar e sem encostar as mãos na ferida. Na sequência, a pessoa acidentada deve ser levada a um hospital. Atenção: a queimadura não deve ser lavada com água doce ou água mineral, isso pode liberar mais toxinas na queimadura e aumentar a dor. A ferida deve ser lavada com a mesma água de onde o animal envolvido no acidente veio.

#AGENTEINDICA

ATIVIDADE PRÁTICA SEQUENCIAL

Após um primeiro contato com os conceitos básicos de sistemática, e antes de começar o ensino dos grupos animais, converse com seus alunos sobre a possibilidade de você e eles irem montando um cladograma ao longo do semestre. O objetivo aqui é que, ao final de cada aula, um grupo e suas características sejam acrescentados ao cladograma.

MATERIAIS NECESSÁRIOS:

- Fotografias dos grupos estudados por aula
- Suporte de isopor

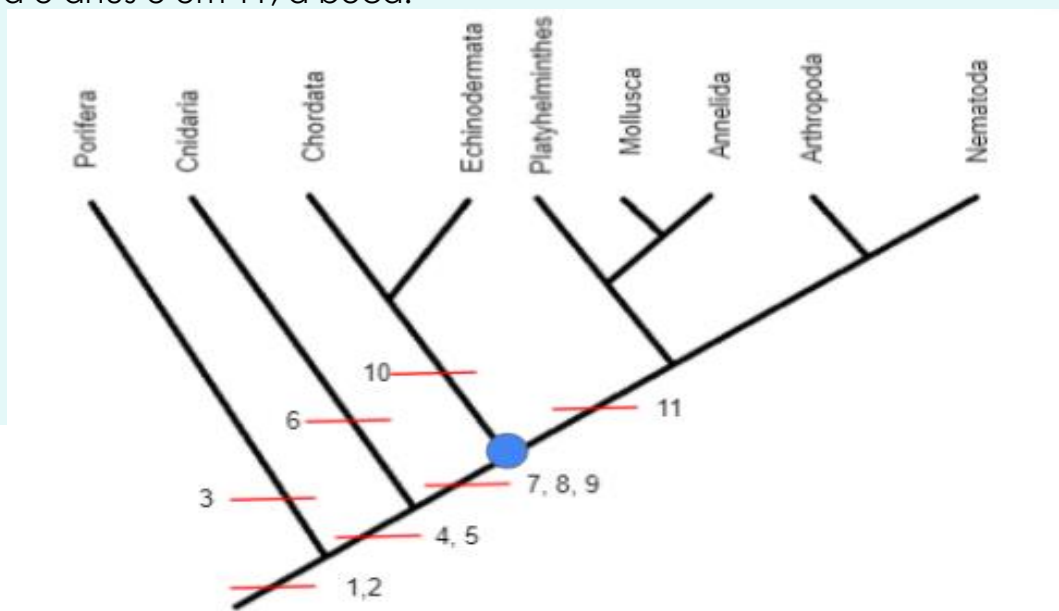
OU

- Varetas
- Cartolina
- Canetão
- Fotografias dos grupos estudados por aula

Capítulo 4: Deuterostomia - Echinodermata e Chordata

INTRODUÇÃO

Neste quarto capítulo, continuaremos com a nossa abordagem filogenética, analisando o cladograma. Agora, vamos discutir um pouco a respeito dos dois filios da linhagem Deuterostomia: Chordata e de Echinodermata. Um professor mais tradicional pode estranhar a escolha de abordar os deuterostômios antes dos protostômios, e até achar essa abordagem contraintuitiva e “fora da ordem”. Não obstante, deve-se observar que não há nenhuma razão objetiva para preferir uma ordem sobre a outra, e a nossa escolha de deixar os protostômios para depois se deve - única e exclusivamente - à intenção de evitar que os alunos construam um entendimento hierarquizado da natureza. Seguindo em frente no nosso cladograma, na terceira bifurcação (círculo azul), Bilateria se divide em Deuterostomia para a esquerda e Protostomia para a direita. As duas sinapomorfias a seguir estão relacionadas ao desenvolvimento embrionário. Durante o desenvolvimento embrionário, ocorre um processo chamado de gastrulação, durante o qual é formada uma estrutura chamada “blastóporo”. Em 10, o blastóporo origina o ânus e em 11, a boca.



Cladograma da evolução dos animais. Destaque no ancestral comum mais recente de Bilateria.

LISTA DE SINAPOMORFIAS

1: Multicelularidade	10: Blastóporo origina o ânus
2: Colágeno IV	11: Blastóporo origina a boca
3: Porócito	
4: Dois folhetos embrionários (endoderme e ectoderme)	
5: Epitélios	
6: Cnidócitos	
7: Simetria Bilateral	
8: Cefalização	
9: Terceiro folheto embrionário (mesoderme)	

Vamos olhar para Deuterostomia (círculo azul no cladograma abaixo), por enquanto. Essa linhagem se divide em duas: Chordata (vertebrados, urocordados e cefalocordados) e Echinodermata (estrelas-do-mar, ouriços-do-mar, pepinos-do-mar e parentes próximos). Chordata (do latim, *chorda*), linhagem à qual nós pertencemos, é definida pelas sinapomorfias em 12 e Echinodermata (do grego *echinos*, “espinho”; *derma*, “pele”), pelas sinapomorfias em 13.

CHORDATA

É um filo caracterizado pela presença de notocorda, tubo nervoso dorsal, fendas faríngeas e cauda pós-anal. Comumente, esse táxon é subdividido em três subfilos, a saber: Urochordata, Cephalochordata e Vertebrata.

#GLOSSÁRIO:

Notocorda: a estrutura precursora da coluna vertebral nos vertebrados. - Tubo nervoso dorsal: responsável pelo surgimento do sistema nervoso.

Fendas faríngeas: No que compete aos cordados aquáticos, dão origem às brânquias, enquanto nos terrestres, essas estruturas desaparecem no início do desenvolvimento.

Cauda pós-anal: estrutura que possibilita motilidade as larvas por estar presente nos animais durante a fase embrionária, sendo perdida pela maioria ao atingirem a fase adulta. No entanto, pode ter a função de auxiliar na natação e na captura de alimentos nos animais que as mantiverem.

#FICADEOLHO:

Professor (a), ao se estudar o filo dos cordados é importante perceber que os urocordados e os cefalocordados são seres invertebrados. Por essa razão e considerando o propósito desse material, apenas esses dois subfilos serão mais bem explicados nos próximos parágrafos.

UROCHORDATA

Além de urocordados, os indivíduos pertencentes a esse subfilo também são chamados de tunicados. Tal nome é devido a existência de um tecido semelhante à celulose chamado de túnica em volta do corpo. Esses são considerados os mais primitivos dentre o grupo dos cordados e são caracterizados por apresentarem notocorda apenas na fase larval, perdendo-a durante a vida adulta. Além disso, possuem uma estrutura corporal bastante simples com os sistemas nervoso e circulatório reduzidos em comparação a outros filis de invertebrados.



Uma ascídia (*Polycarpa aurata*), um representante dos urocordados.

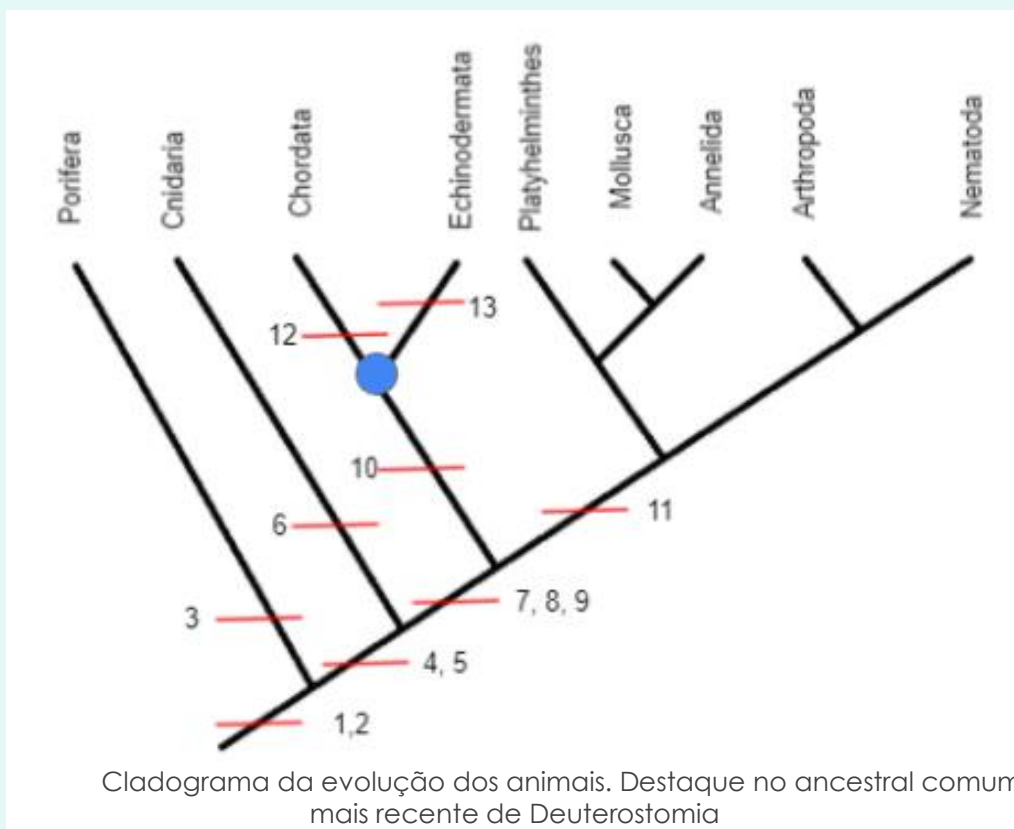
© Nhobgood | Wiki commons

CEPHALOCHORDATA

Também chamados de anfioxos ou lancetas, esses animais mantêm a notocorda e as fendas branquiais na fase adulta. Atualmente, são reconhecidas pouco mais de trinta espécies pertencentes a esse grupo e, de modo geral, são caracterizadas por serem animais pequenos de corpo afilado, filtradores e que vivem enterrados em ambientes marinhos. Este grupo é a linhagem com o parentesco evolutivo mais próximo dos vertebrados.



Um anfioxo (*Branchiostoma lanceolatum*), do grupo dos cefalocordados



Cladograma da evolução dos animais. Destaque no ancestral comum mais recente de Deuterostomia

LISTA DE SINAPOMORFIAS

1: Multicelularidade	10: Blastóporo origina o ânus
2: Colágeno IV	11: Blastóporo origina a boca
3: Porócito	12: Notocorda, cauda pós-anal e fendas faringeanas
4: Dois folhetos embrionários (endoderme e ectoderme)	13: Simetria pentarradial nos adultos
5: Epitélios	
6: Cnidócitos	
7: Simetria Bilateral	
8: Cefalização	
9: Terceiro folheto embrionário (mesoderme)	

Note que em 7 temos o surgimento da simetria bilateral, que é uma sinapomorfia do grupo Bilateria. Mas em 13, essa simetria é substituída, nos adultos, pela simetria pentarradial. Isso não significa que os equinodermos não pertencem a Bilateria. Esse é um bom momento para reforçar que não é a presença da característica que delimita o grupo, mas sim a ancestralidade comum. Echinodermata não é parte de Bilateria por causa da simetria bilateral. Echinodermata é parte de Bilateria porque esse filo descende do mesmo ancestral de Chordata, Platyhelminthes, Mollusca, Annelida, Arthropoda e Nematoda. Assim, a esse grupo foi dado o nome de Bilateria, porque essa característica era comum a todos eles em determinado ponto no tempo, mas foi perdida em um deles posteriormente. Quaisquer características - mesmo as que dão nome aos grupos - podem ser perdidas em algum ponto da evolução da linhagem.

ECHINODERMATA

O nome “Echinodermata” vem do grego, onde *echino* se refere-se a espinhos, *derma* corresponde à pele e *ata* é sufixo de plural. Os indivíduos desse grupo são exclusivamente marinhos e os adultos apresentam simetria radial secundária, ou seja, seu corpo pode ser dividido em cinco porções semelhantes. Uma das principais características desse grupo é a presença de um endoesqueleto formado por ossículos calcários. Além disso, esses indivíduos também possuem um sistema hidrovacular denominado de sistema ambulacral que é indispensável para locomoção, respiração, circulação, transporte de substâncias e outras funções.

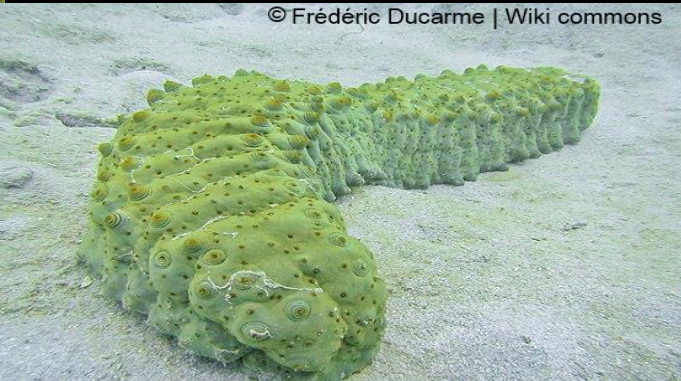
Ainda, é válido pontuar aqui que nesse filo podem ser encontradas uma enorme variedade de formas. Desse modo, eles podem ser comumente divididos em cinco classes, a saber: Asterozoa, Ophiurozoa, Echinozoa, Holothurozoa, Crinozoa, sendo os seus principais representantes a estrela-do-mar, a estrela-serpente, o ouriço-do-mar, o pepino-do-mar e o lírio-do-mar, respectivamente.

#GLOSSÁRIO:

Simetria radial secundária: é assim denominada, pois, os equinodermos só atingem a simetria radial durante a fase adulta. Anterior a esse momento, suas larvas apresentam simetria bilateral.

#FICADEOLHO:

Há uma certa confusão na literatura a respeito da sub-classificação desse filo. Comumente, é considerada a divisão que pontua a existência de cinco classes distintas para esse grupo. No entanto, é possível que você, professor, encontre materiais, indicando a existência de uma sexta classe. Essa é denominada de Concentricyclozoa, sendo seus principais representantes as margaridas-do-mar.



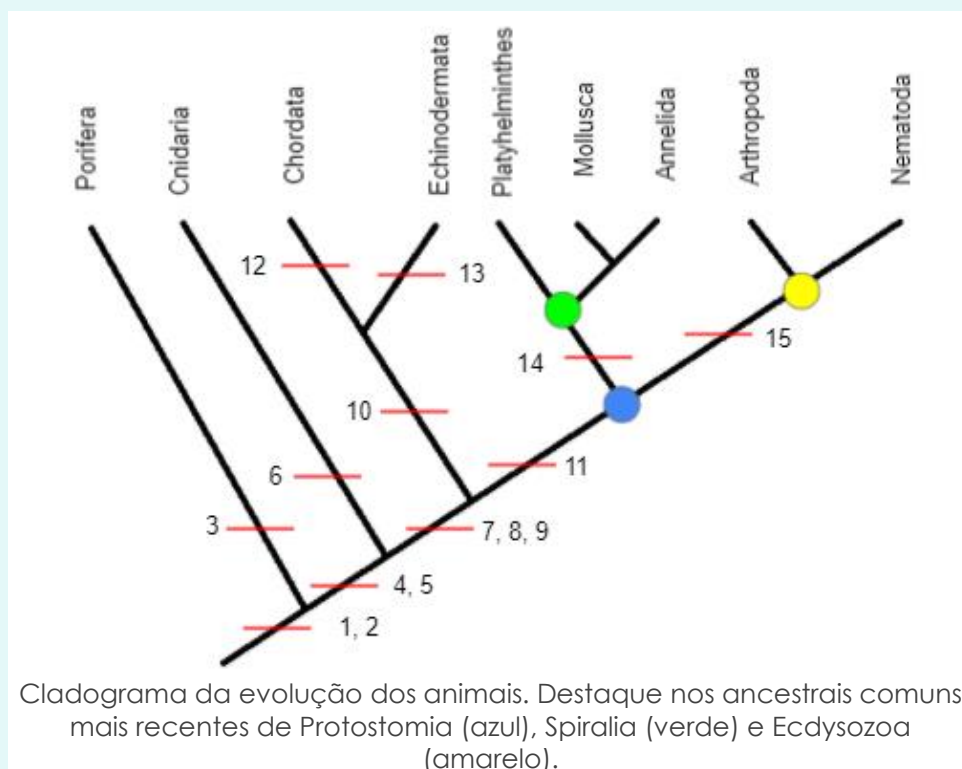
Alguns representantes dos equinodermos: um ouriço-do-mar (espécie não identificada), uma serpente-do-mar (*Ophiura ophiura*), um lírio-do-mar (*Ptilometra australis*), um pepino-do-mar (*Stichopus hermanni*) e Estrelas do mar de (espécies não identificadas).

Capítulo 5: Spiralia - Platyhelminthes, Mollusca e Annelida

INTRODUÇÃO

No capítulo 4, avançamos mais no tempo dentro da linhagem irmã dos deuterostômios: Protostomia (círculo azul). Essa linhagem se divide em duas, Spiralia (círculo verde), que contém três filos e será discutida neste capítulo e Ecdysozoa (círculo amarelo), que será deixada para o próximo. Spiralia é a linhagem que abarca Platyhelminthes, Mollusca e Annelida, três filos de elevada importância ecológica e econômica. Assim como nos demais capítulos da segunda parte, vamos começar com uma discussão sobre as apomorfias surgidas dentro destas linhagens e seguir com uma rápida exposição sobre cada uma delas, apresentando imagens de alguns representantes icônicos e algumas curiosidades envolvendo animais destas linhagens. Vamos explorar o outro lado agora: a linhagem Protostomia.

Os protostômios, (agrupados pela sinapomorfia 11: blastóporo formando a boca) se dividem em duas outras linhagens: Spiralia (à esquerda) e Ecdysozoa (à direita) (círculo azul). A sinapomorfia que agrupa Spiralia é a clivagem espiral, e surge no ponto 14. A clivagem diz respeito ao modo de divisão das células no início do desenvolvimento embrionário, mas não vamos entrar em mais detalhes do que isso. No ponto 15, temos o surgimento da ecdise, a característica derivada que é compartilhada por todas as linhagens dentro de Ecdysozoa. A ecdise é o processo pelo qual o animal emerge de uma cutícula protetora rígida para poder dar espaço ao crescimento dos tecidos. Normalmente é estudado mais a fundo quando falamos de artrópodes, mas não se deve esquecer de que nematoides, como fica evidenciado no cladograma, também fazem ecdise.



LISTA DE SINAPOMORFIAS

- | | |
|---|--|
| 1: Multicelularidade | 10: Blastóporo origina o ânus |
| 2: Colágeno IV | 11: Blastóporo origina a boca |
| 3: Porócito | 12: Notocorda, cauda pós-anal e fendas faríngeas |
| 4: Dois folhetos embrionários (endoderme e ectoderme) | 13: Simetria pentarradial nos adultos |
| 5: Epitélios | 14: Clivagem Espiral |
| 6: Cnidócitos | 15: Ecdise |
| 7: Simetria Bilateral | |
| 8: Cefalização | |
| 9: Terceiro folheto embrionário (mesoderme) | |

Vamos olhar mais de perto para Spiralia. Como muitas outras linhagens deste cladograma, ela se divide em duas. Para a esquerda, temos Platyhelminthes (do grego *platy*, "chato"; e *helminth*, "verme"), suportados pela sinapomorfia 16: Caracteres Moleculares. Os pesquisadores ainda não encontraram sinapomorfias morfológicas claras para os platelmintos, mas os dados moleculares - de DNA, RNA e proteínas - revelam sinapomorfias moleculares que sustentam este grupo. Todos os outros grupos também possuem caracteres moleculares que revelam seu parentesco, mas preferimos citar até agora os caracteres mais facilmente observáveis.

PLATYHELMINTHES

O filo Platyhelminthes corresponde ao grupo dos vermes achatados e que são popularmente chamados de "vermes". Apesar desse nome fazer as pessoas comumente os relacionarem a algo rastejante e perigoso à saúde, sabe-se que esse é um grupo diverso, apresentando não somente parasitas, mas também indivíduos de vida livre. Outras características relevantes desse grupo são a ausência de celoma, e um sistema excretor simples formado de protonefrídios, que consistem em uma rede de túbulos com estruturas ciliadas conhecidas por células-flama. Esses são os primeiros animais a apresentar cefalização, isto é, uma concentração de neurônios em uma extremidade.

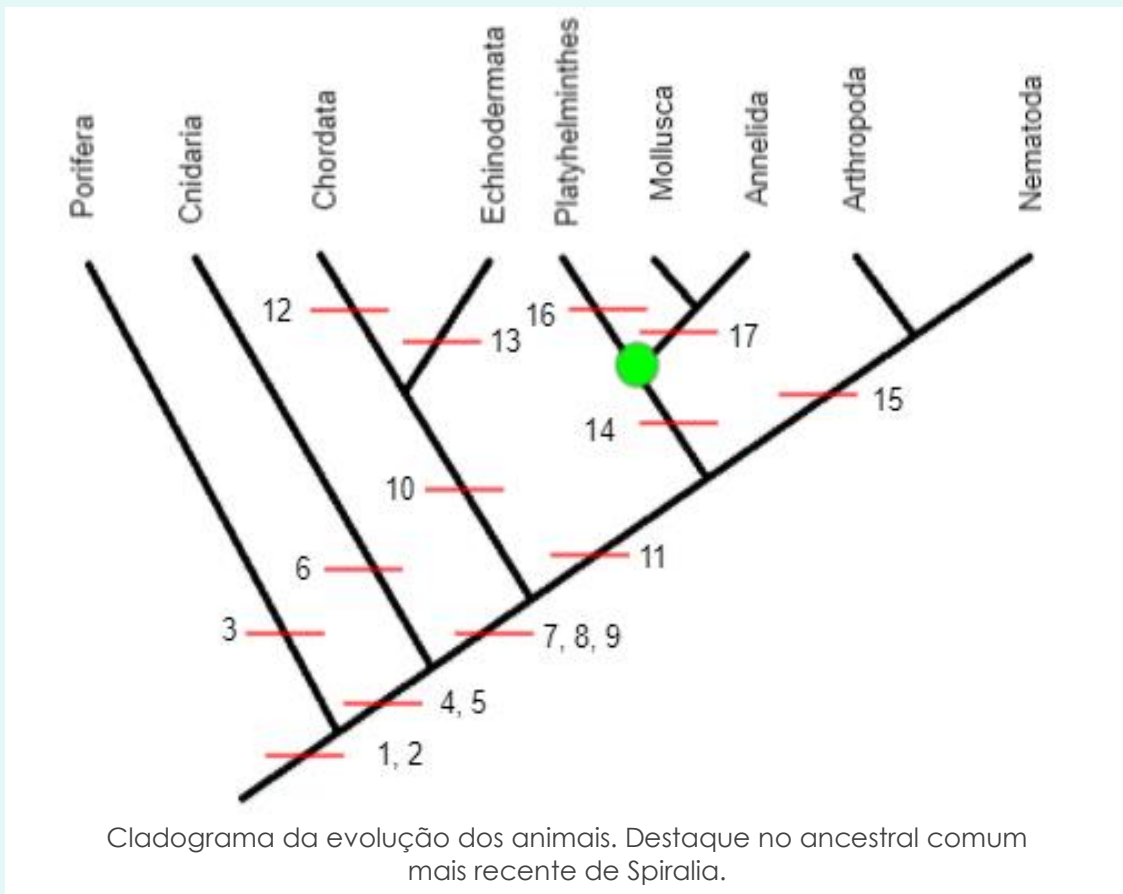
De modo tradicional, esse filo era particionado em quatro grandes classes, a saber: Turbellaria, Trematoda, Cestoda e Monogenea. No entanto, as classificações mais atuais os apresentam divididos nas classes Catenulida e Rhabditophora. Dentre os representantes mais comuns desse filo estão as planárias que correspondem a vermes de vida livre. Além dessas, outros representantes que são de grande interesse humano são as tênias e os esquistossomas. Isso ocorre, pois esses indivíduos são causadores de doenças e infecções intestinais em decorrência de seu hábito de vida parasitário.

#AGENTEINDICA:

Recomendamos que, ao abordar esse conteúdo com seus alunos, você utilize abundantemente imagens, a fim de enfatizar a diversidade de formas desse filo. Mostrar fotografias de indivíduos da classe Turbellaria, por exemplo, é uma excelente forma de desmistificar algumas ideias que seus alunos podem ter a respeito dos vermes achatados, os quais são comumente considerados como seres inferiores, feios, rastejantes e por aí vai.



Dois platelmintos parasitas (em cima) e dois de vida livre (embaixo). Do canto superior esquerdo e continuando no sentido horário. *Taenia saginata*, *Schistosoma mansoni*, *Pseudobiceros gloriosus* e *Pseudoceros dimidiatus*.

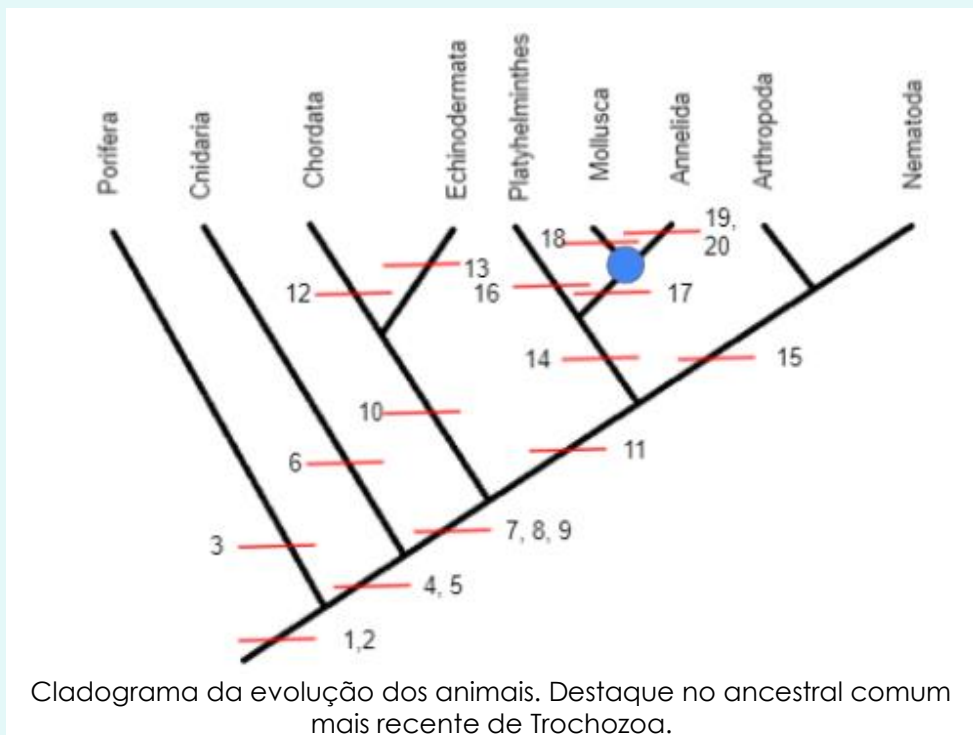


LISTA DE SINAPOMORFIAS

- | | |
|---|--|
| 1: Multicelularidade | 10: Blastóporo origina o ânus |
| 2: Colágeno IV | 11: Blastóporo origina a boca |
| 3: Porócito | 12: Notocorda, cauda pós-anal e fendas faringeanas |
| 4: Dois folhetos embrionários (endoderme e ectoderme) | 13: Simetria pentarradial nos adultos |
| 5: Epitélios | 14: Clivagem Espiral |
| 6: Cnidócitos | 15: Ecdise |
| 7: Simetria Bilateral | 16: Caracteres Moleculares |
| 8: Cefalização | 17: Larva Trocófora |
| 9: Terceiro folheto embrionário (mesoderme) | |

Dentro de Spiralia (círculo verde no cladograma acima), virando à direita temos a sinapomorfia 17: larva trocófora, que define a linhagem “Trochozoa”, que agrupa Mollusca e Annelida. A larva trocófora é um tipo peculiar de larva (estágio do desenvolvimento posterior ao ovo e anterior ao adulto), que surgiu no ancestral de Mollusca e Annelida e hoje está presente nos animais destes dois grupos.

Vamos avançar no tempo dentro de Trochozoa agora (círculo azul no cladograma abaixo). Essa linhagem se divide em duas outras: Mollusca (do latim *mollis*, “mole”) e Annelida (do grego *anellus*, “anelados”), sustentados pelas sinapomorfias 18: Manto e rádula, 19: Metameria e 20: Cerdas Epidérmicas. A metameria consiste na segmentação do corpo. Conforme deve ser discutido em sala de aula, os anelídeos possuem o corpo composto pela repetição sequencial do mesmo segmento. Atenção especial a essa característica, ela voltará a surgir em outros momentos.



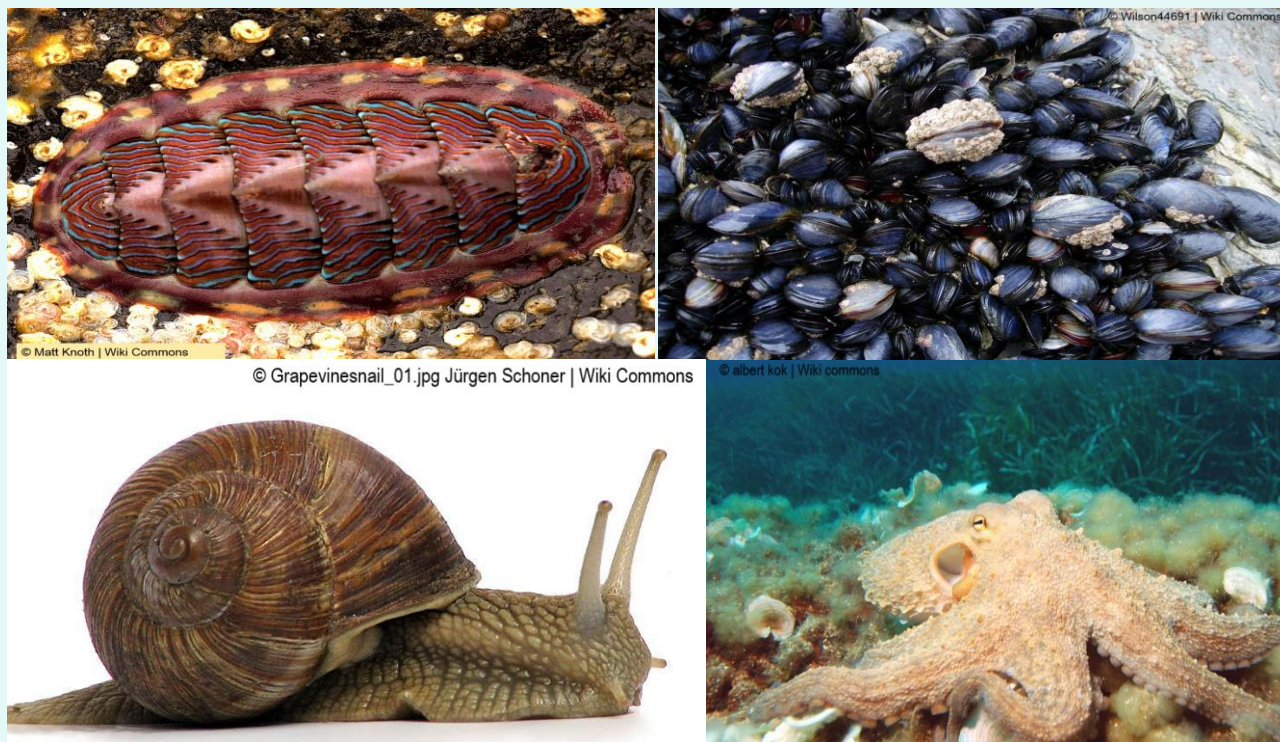
LISTA DE SINAPOMORFIAS

- | | |
|---|---------------------------------------|
| 1: Multicelularidade | 11: Blastóporo origina a |
| 2: Colágeno IV | boca |
| 3: Porócito | 12: Notocorda, cauda |
| 4: Dois folhetos embrionários (endoderme e ectoderme) | pós-anal e fendas faringeanas |
| 5: Epitélios | 13: Simetria pentarradial nos adultos |
| 6: Cnidócitos | 14: Clivagem Espiral |
| 7: Simetria Bilateral | 15: Ecdise |
| 8: Cefalização | 16: Caracteres Moleculares |
| 9: Terceiro folheto embrionário (mesoderme) | 17: Larva Trocófora |
| 10: Blastóporo origina o ânus | 18: Manto e Rádula |
| | 19: Metameria |
| | 20: Cerdas Epidérmicas |

MOLLUSCA

Quando falamos de invertebrados, esse é um dos filos mais bem sucedidos, sendo composto por 90 mil espécies. Esses animais de corpo mole e não segmentado podem estar presentes em uma diversidade de ambientes, abrangendo espaços aquáticos e terrestres. As principais características desse grupo correspondem à presença de manto, rádula e tecido muscular. De modo geral, assume-se que existam um total de 10 classes conhecidas de moluscos, mas esse número pode apresentar variação a depender da literatura utilizada. Deste total, duas representam classes de indivíduos já extintos, sendo sua existência reconhecida por meio da análise fóssil. Das classes com representantes na atualidade, destacam-se a Polyplacophora, Bivalvia, Gastropoda e Cephalopoda. Os principais representantes dessas classes, respectivamente, são os quítons; os

mexilhões e as ostras; as lesmas, os caracóis e os búzios; e as sépias, os polvos e as lulas.



Do canto superior esquerdo e continuando no sentido horário. Um quíton (*Tonicella lineata*), mexilhões (espécie não identificada), polvo (*Octopus vulgaris*) e caracol (*Helix pomatia*).

#GLOSSÁRIO:

Manto: dobra de epiderme encontrada no filo Mollusca. Tem, basicamente, duas funções claras: secretar concha e formar a cavidade que envolve e protege vários órgãos.

Rádula: É uma estrutura que se situa na base na boca dos moluscos, semelhante a uma língua. É composta por vários dentículos que apresentam a função de raspar ou cortar os alimentos.

#AGENTEINDICA:

Professor, não deixe de destacar a importância econômica e social que os indivíduos desse filo podem ter. Aponte para seus alunos que muitos moluscos servem de alimento e outros podem ser vetores de pragas ou enfermidades. Para esse último caso, você pode retomar o exemplo da esquistossomose que tem como vetor caramujos.

Além disso, uma boa maneira de chamar a atenção dos alunos para o estudo desses animais é tentar trazer exemplos que sejam familiares aos discentes. A título de exemplificação, tente utilizar o personagem “Lula molusco” da série de desenho “Bob-esponja calça-quadrada”. Pergunte, por exemplo, se o nome desse personagem está correto, isto é, se ele é realmente uma lula (na verdade, ele é um polvo).

#FICADEOLHO:

Apesar da presença de manto ser uma das características mais marcantes desse filo, não podemos afirmar que todos os moluscos possuem conchas. Na realidade, a presença ou ausência e o tipo de concha é bastante variável a depender da classe observada. Nos cefalópodes, por exemplo, os polvos possuem conchas pequenas ou ausentes, já os *Nautilus* apresentam uma concha espiralada e as lulas portam uma concha interna.

ANNELIDA

Também são chamados de vermes segmentado devido ao seu corpo ser dividido em segmentos que se assemelham a uma série de anéis fundidos. Outras características desses indivíduos são a presença de cerdas (ausentes em alguns representantes), celoma bem desenvolvido, sistema digestório completo e sistema nervoso composto por dois cordões nervosos ventrais. Esse grupo está amplamente distribuído pelo planeta com certas espécies ocupando ambientes aquáticos e

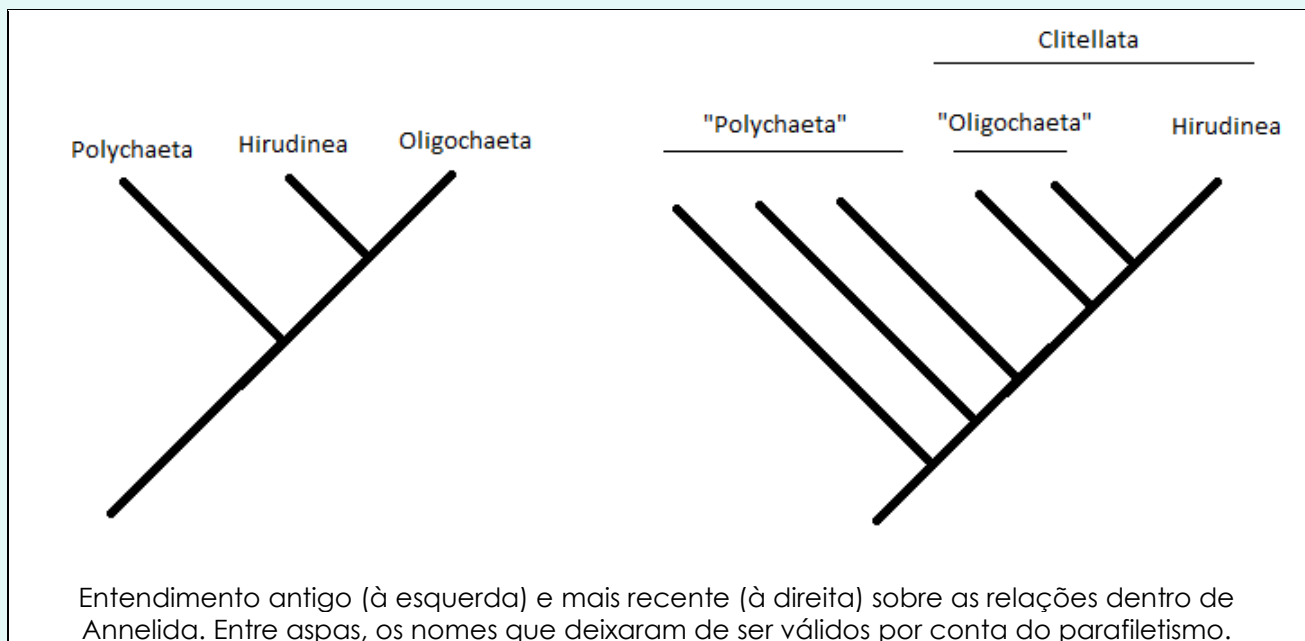
terrestres. São reconhecidas como pertencentes a esse filo mais de 17 mil espécies, antigamente divididas em três grandes classes: Polychaeta, Oligochaeta e Hirudinea. Polychaeta seria o grupo mais diverso, incluindo animais sésseis e de vida livre, com várias espécies marinhas. Oligochaeta seria formado pelas espécies terrestres popularmente conhecidas como “minhocas” e Hirudinea compreenderia as sanguessugas. Pesquisas mais recentes, no entanto, revelaram que Polychaeta e Oligochaeta são agrupamentos parafiléticos, de modo que essas classificações não são mais válidas. Hoje, hirudíneos e os antigos oligoquetos formam, juntos, a linhagem Clitellata.



Acima, duas espécies antigamente reconhecidas como poliquetos. À esquerda, uma de vida livre (*Alitta succinea*) e à direita, uma sésseil (*Riftia pachytila*). Abaixo duas espécies de Clitellata. À esquerda uma minhoca – antigamente um oligoqueto (*Lumbricus rubellus*) e à direita uma sanguessuga (espécie não identificada).

#FICADEOLHO

Uma vez que Polychaeta e Oligochaeta foram reconhecidos como grupos parafiléticos, esses nomes não devem mais ser utilizados, pelo menos, não no mesmo sentido que eram antes. Isso acontece porque, na Biologia, os únicos agrupamentos válidos são os grupos monofiléticos – aqueles que agrupam todos os descendentes de um mesmo ancestral.



#CURIOSIDADE

- As minhocas são consideradas bioindicadores do solo. Por se alimentarem de organismos presentes nesse ambiente, elas podem ser usadas para indicar os níveis de degradação do solo causados por inseticidas.
- As sanguessugas também são bioindicadores e sua presença em corpos hídricos pode sinalizar uma má qualidade do ambiente.
- Se você for mordido por uma sanguessuga, dificilmente irá sentir dor, pois elas liberam um analgésico na saliva. Além disso, não a remova com força e abruptamente, pois as ventosas ainda poderão permanecer presas ao seu corpo.

#AGENTEINDICA:

Semelhante ao recomendado para a abordagem de Platyhelminthes, sugerimos que, ao falar sobre Annelida, você aproveite para desmistificar algumas pré-concepções errôneas que os alunos possam ter. Por também serem chamados de vermes, esses animais talvez sejam vistos como seres inferiores, maléficos e feios. Utilize imagens para destacar a diversidade encontrada nesse filo e destaque também a importância de seus representantes como bioindicadores.

ATIVIDADE PRÁTICA SEQUENCIAL:

Não se esqueça dar continuidade à atividade iniciada no capítulo 3.

Capítulo 6: Ecdysozoa – Nematoda e Arthropoda

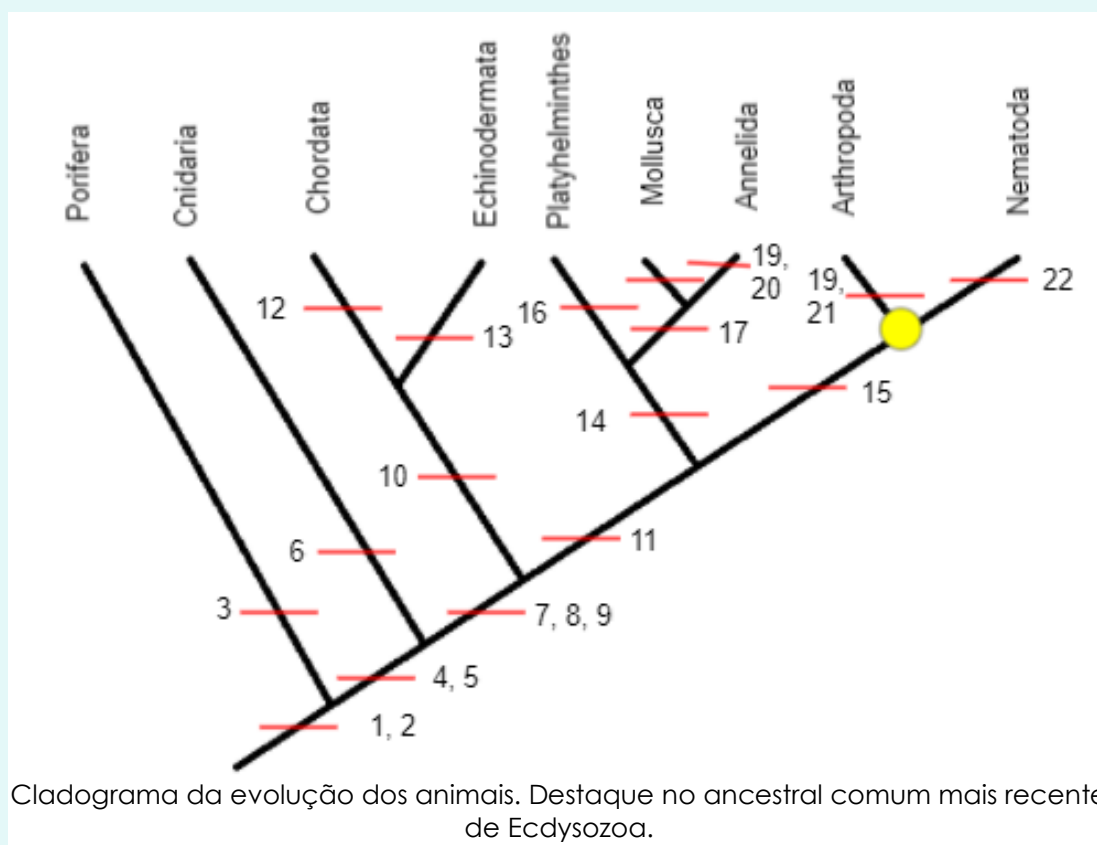
INTRODUÇÃO

Finalmente, chegamos ao capítulo final deste livro. Agora vamos explorar os últimos filós restantes: Arthropoda e Nematoda, que juntos constituem a linhagem Ecdysozoa. Muitos livros didáticos desatualizados podem trazer cladogramas onde artrópodes são dispostos como se fossem grupo-irmão dos anelídeos e nematódeos são apresentados como grupo-irmão de Annelida + Arthropoda + Deuterostomia. Contudo, essa visão é equivocada! Um livro que traga essas relações não está em condições de ser utilizado em sala de aula.

Isto posto, neste capítulo nós recuamos um pouco a linha temporal para voltar ao surgimento da linhagem Ecdysozoa. Daí, discutimos as sinapomorfias mais relevantes (e até uma homoplasia!) e partimos para os filós propriamente ditos. Seguindo o padrão mantido até aqui, fazemos uma introdução breve (ou nem tanto, no caso dos artrópodes), apresentamos algumas imagens para retratar um pouco da diversidade dos grupos e trazemos algumas curiosidades a respeito.

Vamos retroceder um pouco no tempo agora. Algumas páginas atrás, nosso cladograma se dividiu em duas linhagens após o surgimento da característica 11. Uma delas, que acabamos de discutir, se chama Spiralia (Platyhelminthes + Mollusca + Annelida). Vamos olhar para o outro lado agora, para a linhagem conhecida como Ecdysozoa (círculo azul no cladograma). Como já discutido, a sinapomorfia que agrupa esses animais é a ecdise, mas cada uma das duas linhagens que compõem Ecdysozoa (Arthropoda e Nematoda) também possuem suas próprias sinapomorfias. Sustentando Arthropoda (do grego *arthro*, “articulada”; e *pod*, “pé”) temos duas características. 19: Metameria e 20: Exoesqueleto Articulado. Não, isso não é um erro, a característica 19 aparece duas vezes no cladograma. Muito cuidado aqui. Apesar de Annelida e Arthropoda ambas possuírem a característica 19, isso **não** significa que essas linhagens são mais

relacionadas entre si. Neste caso, o surgimento da característica 19 ocorreu duas vezes de maneira **independente**, ou seja, ela não representa uma sinapomorfia de Annelida + Arthropoda, mas sim uma **homoplasia**, ou seja, uma característica análoga. Relembrando, os grupos não são delimitados por possuírem características em comum, mas sim por possuírem um ancestral em comum. O trabalho dos sistematas é procurar por características que revelem esse parentesco: as sinapomorfias. Mas devem ter muito cuidado para não confundi-las com homoplasias. Isso resultaria em agrupamentos errados dos organismos. Por fim, a linhagem Nematoda (do grego *nema*, "fio"; e *odes*, "semelhante a") é sustentada pela sinapomorfia 22: Anfídeos. Os anfídeos são estruturas sensoriais presentes na cabeça dos nematódeos.



#FICADEOLHO:

Neste ponto pode surgir a seguinte dúvida: Como os alunos podem diferenciar homoplasias de sinapomorfias sem ter um cladograma que mostre a resposta? É simples: não podem. O objetivo na Educação Básica é que os alunos interpretem as informações contidas nos cladogramas, não que os construam.

LISTA DE SINAPOMORFIAS

- | | |
|---|--|
| 1: Multicelularidade | 12: Notocorda, cauda pós-anal e fendas faríngeas |
| 2: Colágeno IV | 13: Simetria pentarradial nos adultos |
| 3: Porócito | 14: Clivagem Espiral |
| 4: Dois folhetos embrionários (endoderme e ectoderme) | 15: Ecdise |
| 5: Epitélios | 16: Caracteres Moleculares |
| 6: Cnidócitos | 17: Larva Trocófora |
| 7: Simetria Bilateral | 18: Manto e Rádula |
| 8: Cefalização | 19: Metameria |
| 9: Terceiro folheto embrionário (mesoderme) | 20: Cerdas Epidérmicas |
| 10: Blastóporo origina o ânus | 21: Exoesqueleto Articulado |
| 11: Blastóporo origina a boca | 22: Anfídeos |

ARTHROPODA

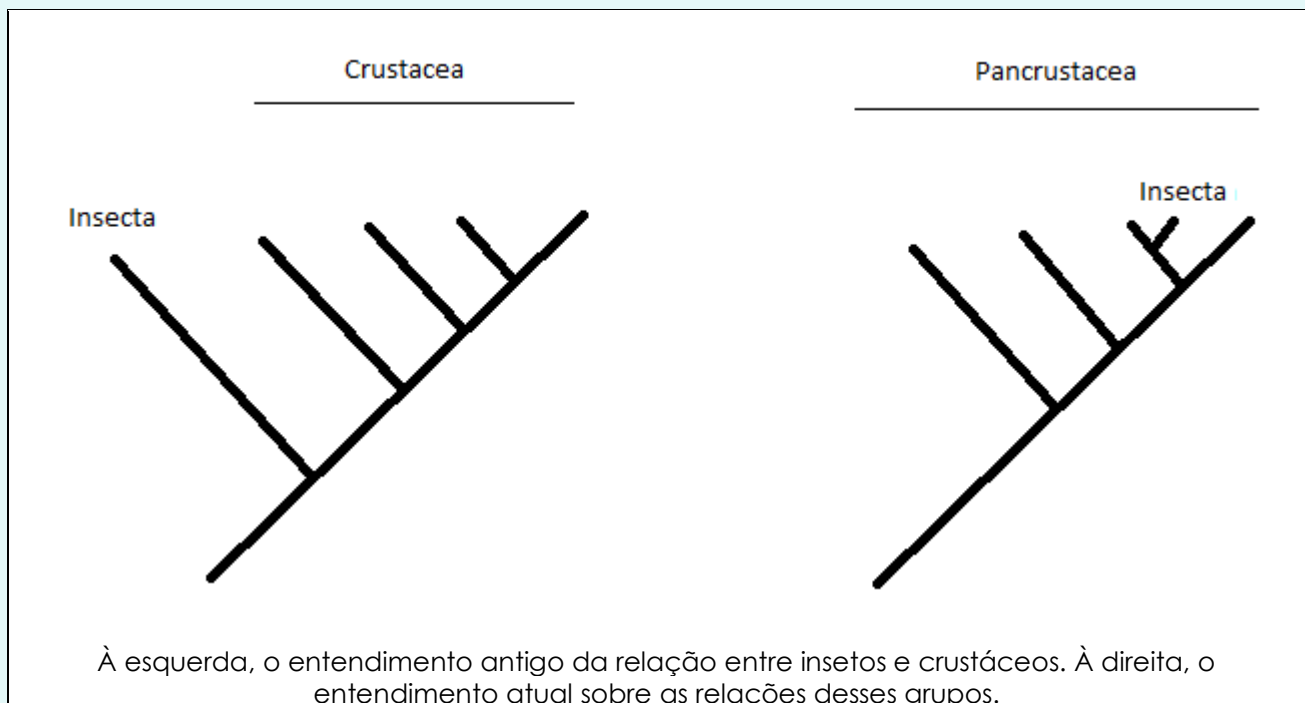
Os artrópodes são, de longe, a maior linhagem em termos de riqueza de espécies. Até o momento, já foram descritas mais de 1 milhão de espécies de artrópodes, o que representa mais de 81% de toda a biodiversidade conhecida. A maior parte dessa diversidade é composta por insetos, que sozinhos possuem mais espécies descritas do que todos os outros grupos de animais, plantas, fungos e microrganismos somados.

A característica mais marcante dos artrópodes, e o grande responsável pelo sucesso do grupo é o seu exoesqueleto articulado. O revestimento rígido não apenas protege esses animais contra predadores e colisões como também evita o ressecamento do corpo, vantagem crucial para o domínio do ambiente terrestre. Essa armadura, porém, impede o crescimento do animal, de modo que os artrópodes se desfazem da parte mais rígida do exoesqueleto em alguns estágios do desenvolvimento em um processo conhecido como ecdise. A carapaça dura não limita a movimentação porque esses animais possuem apêndices articulados - como pernas e antenas - que servem a uma variedade de funções. Dentro desta linhagem, o grupo dos insetos desenvolveu uma outra característica que impulsionou ainda mais a diversificação: o voo. Os insetos foram os primeiros animais a voarem e isso possibilitou que colonizassem ambientes onde nenhum outro animal tinha conseguido chegar até então. Não por acaso, até hoje são a linhagem mais diversa do mundo.

No ambiente marinho, a maioria dos artrópodes pertence à linhagem dos pancrustáceos, que inclui camarões, caranguejos, lagostas e também os insetos, apesar de estes últimos não serem tão comuns em águas salgadas. Muitos pancrustáceos, em especial os maiores, possuem apêndices modificados em forma de pinça, que utilizam para alimentação, defesa e disputas. Alguns destes animais são capazes de respirar tanto debaixo d'água quanto no ar. Também existem pancrustáceos no ambiente de água doce, incluindo uma grande abundância de insetos aquáticos, em especial de larvas que saem da água quando atingem a maturidade.

#FICADEOLHO:

Antigamente, crustáceos e insetos eram entendidos como linhagens separadas. Hoje, no entanto, sabe-se que os insetos estão incluídos dentro da linhagem que se chamava de Crustacea. Por esse motivo, o nome "Crustacea" foi abandonado e o grupo contendo os insetos e os animais antigamente chamados de crustáceos recebeu o nome de Pancrustacea.



No ambiente terrestre, o grupo dominante é o dos insetos, caracterizados por terem 3 pares de pernas e, em sua maioria, um ou dois pares de asas. Muitos insetos têm elevada importância médica e econômica - como mosquitos e pulgas que transmitem doenças, abelhas, moscas, besouros e borboletas que polinizam flores e até mesmo vespas que podem ser usadas para controlar pragas agrícolas. Outro grupo bastante diverso no ambiente terrestre é o dos quelicerados, compostos por um grupo grande - os aracnídeos - e outras linhagens menores, que engloba milhares de espécies de aranhas, escorpiões, ácaros e carrapatos - todos caracterizados por seus 4 pares de pernas, ausência de antenas e um par de estruturas bucais modificadas: as quelíceras. Aranhas e escorpiões são - quase em sua totalidade - predadores. Carrapatos se alimentam de sangue e muitos ácaros comem restos de pele. Outra linhagem relevante no ambiente terrestre é a dos miriápodes, que agrupa lacraias (ou centopeias) e piolhos de cobra, animais com o corpo alongado e vários pares de pernas. As lacraias são predadoras e utilizam toxinas para paralisar suas presas, sendo potencialmente perigosas para humanos. Os piolhos de cobra, por sua vez, costumam se alimentar de matéria vegetal como folhas e pólen.

Existem exemplos de artrópodes para praticamente qualquer hábito de vida que se possa imaginar: predadores, herbívoros, nectarívoros, xilófagos,

hematófagos, parasitas, coprófagos, marinhos, dulcícolas, terrestres etc. Devido a essa grande diversidade, uma exposição que tentasse apresentar de uma vez representantes para cada um destes hábitos seria muito extensa e sem dúvidas deixaria muita coisa de fora.



Alguns exemplos de artrópodes. Acima, dois pancrustáceos: à esquerda, um anfípode (*Abludomelita obtusata*), e à direita, um inseto (*Anax imperator*). Abaixo, à esquerda, um aracnídeo (*Brachypelma smithi*) e à direita, um miriápode (*Aphistogoniulus corallipes*).

#GLOSSÁRIO:

Nectarívoro: que se alimenta de néctar.

Xilófago: que se alimenta de madeira.

Hematófago: que se alimenta de sangue.

Coprófago: que se alimenta de fezes.

Dulcícola: que vive em ambiente de água doce.

#AGENTEINDICA:

Os artrópodes possuem uma diversidade morfológica e ecológica enorme. Por isso, considere dedicar mais tempo de aula para este grupo do que para os demais.

#CURIOSIDADE:

Você sabia que várias espécies de besouros escaravelhos (*Scarabaeidae*) se alimentam de fezes? E que esses animais são responsáveis pela economia de milhões de dólares todos os anos por parte dos pecuaristas? Muitos insetos são atraídos pelo cheiro das fezes e as utilizam para pôr seus ovos. Alguns destes insetos são moscas que, na fase adulta, se alimentam do sangue de animais de criação e podem transmitir doenças. Dessa forma, muitos fazendeiros começaram a comprar escaravelhos e espalhar no pasto. Os besouros são atraídos pelas fezes de vertebrados, e, uma vez que encontram o bolo fecal, moldam uma bola e a rolam até uma toca escavada no chão, onde se alimentam e põem seus ovos. Ao revolver e enterrar os bolos de fezes, os escaravelhos matam as larvas das moscas, diminuindo a incidência de doenças nos animais de criação.

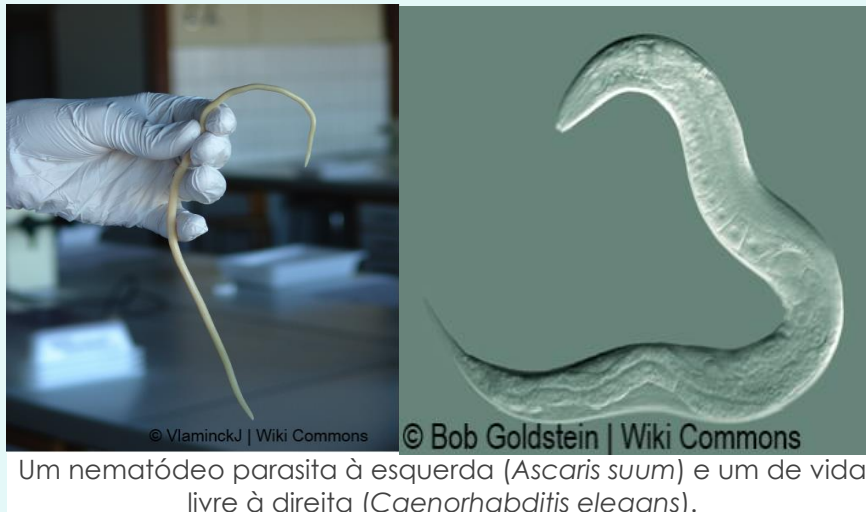


Escaravelho (*Circellium bacchus*)
rolando uma bola de fezes.

NEMATODA

Os nematódeos estão presentes em uma grande diversidade de habitats, e podem ser fossoriais, aquáticos ou parasitas. Estes animais possuem um corpo cilíndrico com as extremidades afiladas e o espaço entre o tubo digestório e a parede corporal externa - o blastoceloma - é preenchido por um líquido, que atua como esqueleto hidrostático, que sustenta a forma do corpo e possibilita a movimentação. O corpo destes animais é revestido por uma cutícula (homóloga ao

exoesqueleto dos artrópodes) que é trocada em determinados estágios do desenvolvimento em um fenômeno conhecido como ecdise (e que já foi comentado anteriormente).



Um nematódeo parasita à esquerda (*Ascaris suum*) e um de vida livre à direita (*Caenorhabditis elegans*).

#FICADEOLHO:

O que significa “esqueleto hidrostático”? Da mesma forma que os ossos sustentam o corpo dos vertebrados e o exoesqueleto sustenta o corpo dos artrópodes, o formato do corpo dos nematódeos é mantido pela pressão exercida por um líquido contra as paredes do corpo. Imagine dois balões canudo - daqueles compridos - um vazio e um cheio de ar. O que mantém a forma rígida e estável do balão cheio é a pressão do ar dentro do balão. Da mesma forma acontece com os nematódeos, mas com líquido ao invés de ar. Assim como ocorre com os outros esqueletos, o esqueleto hidrostático também tem um papel fundamental na movimentação do organismo.

Muitos nematódeos vivem livres em ambientes aquáticos ou terrestres úmidos, fossoriais ou não. Outros são parasitas vegetais e possuem elevada importância econômica por prejudicarem o crescimento de plantas cultivadas. Contudo, os nematódeos mais conhecidos pela população em geral são parasitas intestinais de humanos e outros mamíferos. Os mais famosos, sem dúvida, são espécies do gênero *Ascaris*, popularmente conhecidos como “lombrigas”. Outros nematódeos de

importância médica são os da espécie *Wuchereria bancrofti*, causadores da filariose linfática, também conhecida como “elefantíase”.

#GLOSSÁRIO:

Fossorial: animal que vive enterrado.

#CURIOSIDADE:

O maior nematódeo conhecido é um parasita de baleias e pertencente à espécie *Placantonema gigantissima*. Estes animais ultrapassam os 8 metros de comprimento e podem chegar a 2,5 centímetros de diâmetro.

ATIVIDADE PRÁTICA SEQUENCIAL:

Não se esqueça dar continuidade à atividade iniciada no capítulo 3.

Referências

- AMABIS, J. M.; MARTHO, G. R. Fundamentos da Evolução Biológica. In: AMABIS, J. M.; MARTHO, G. R. Fundamentos da Biologia Moderna: volume único. 4ª edição. São Paulo: Editora Moderna, 2006, p. 670-687.
- BRUSCA, R. C; MOORE, W; SHUSTER, S. M. Invertebrados. Tradução: Carlos Henrique de Araújo Cosendey. 3ª edição. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2017.
- CLADÍSTICA - RECONSTRUINDO A EVOLUÇÃO, 2015. Vídeo (47 min). Publicado pelo Canal do Pirula. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=SAoFkZczm2Y>. Acesso em 13 set. 2021.
- GALVÃO, A. C.; LAVOURA, T. N.; MARTINS, L. M. Fundamentos da Didática Histórico-Crítica. 1ª edição. Campinas: Autores Associados, 2019.
- LAUMER, C. E. Revisiting metazoan phylogeny with genomic sampling of all phyla. *Proceedings of the Royal Society B*, v. 286, n. 1906, p. 20190831, 2019.
- POLINARSKI, C. A.; BRIZOLA, A. M.; NICOLE, C. R. O ensino de ciências e suas contribuições para o desenvolvimento humano e formação do conceito: abordagem histórico-cultural para uma prática na pedagogia histórico-crítica. In: PAGNONCELLI, C.; MALANCHEN, J.; MATOS, N. S. D. (org.). O trabalho pedagógico nas disciplinas escolares: contribuições a partir dos fundamentos da pedagogia histórico-crítica. 1ª edição eletrônica. Campinas: Armazém do Ipê, 2016. p. 197-228.
- RIDLEY, M. Evolução. 3ª edição. Porto Alegre: Editora Artmed, 2006.
- SILVEIRA, F. A. 2016. Sistemática Biológica (online). Disponível em: <https://sistematicabiologi.wixsite.com/sistematica>. Acesso em 13 set. 2021.
- TIDON, R. A Teoria Evolutiva de Lamarck. *Genética na Escola*, v. 9, n. 1, p. 64-71, 2014.