

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

**Estudo comparado de sistemas circulatórios animais como evidência
evolutiva: uma articulação entre pesquisa, ensino e extensão**

CATHARINA DE FREITAS PLÁ

Porto Alegre
2024

CATHARINA DE FREITAS PLÁ

Estudo comparado de sistemas circulatórios animais como evidência evolutiva: uma articulação entre pesquisa, ensino e extensão

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Biociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial à obtenção do grau de Licenciada em Ciências Biológicas.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Marcia Trapp

Porto Alegre

2024

CIP - Catalogação na
Publicação

Plá, Catharina de Freitas

Estudo comparado de sistemas circulatórios animais
como evidência evolutiva: uma articulação entre
pesquisa, ensino e extensão / Catharina de Freitas
Plá. -- 2024.

73 f.

Orientadora: Marcia Trapp.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto
de Biociências, Licenciatura em Ciências Biológicas,
Porto Alegre, BR-RS, 2024.

1. fisiologia comparada. 2. ensino de evolução. 3.
sistema circulatório. 4. material didático. I. Trapp,
Marcia, orient. II. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha
Catalográfica da UFRGS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

CATHARINA DE FREITAS PLÁ

Estudo comparado de sistemas circulatórios animais como evidência evolutiva: uma articulação entre pesquisa, ensino e extensão

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Biociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial à obtenção do grau de Licenciada em Ciências Biológicas.

Aprovado em: 31/01/2024

Prof^a. Dr^a. Marcia Trapp
Departamento de Fisiologia - ICBS
Orientadora

Prof^a. Dr^a. Denise Maria Zancan
Departamento de Fisiologia - ICBS
Examinadora

Prof^a. Dr^a. Russel Teresinha Dutra da Rosa
Departamento de Ensino e Currículo - FACED
Examinadora

*Dedico este trabalho a todos os professores
que me ensinaram e me inspiraram durante
a minha trajetória como estudante.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao apoio e parceria incondicional dos meus pais, Delfino e Heloisa, e da minha irmã, Elizabeth, durante não apenas estes 5 anos e meio de universidade, mas também durante todos os meus anos de vida. Obrigada mãe por escutar meus desabafos e me aconselhar. Obrigada pai por se disponibilizar para me ajudar sempre. Obrigada irmã por me fazer companhia até mesmo na faculdade. Obrigada por sempre acompanharem as minhas aventuras e me incentivarem nelas. Sem vocês eu estaria mais perdida que cusco em dia de mudança.

Um enorme obrigada à minha orientadora, prof^a. Marcia, por aceitar me orientar e tornar este projeto possível. Obrigada por me guiar por esta jornada e tornar o processo do TCC muito mais amigável e agradável do que eu imaginei.

Sou grata também à minha família, de sangue e de coração, que se alegram em me ver crescer e moldar a minha vida. Agradeço a minha mana, Priscila, por todo o carinho que tens comigo. Às minhas primas, tios e tias que poderão comemorar comigo este marco tão aguardado. Agradeço também aqueles que já partiram, Vó Theresina, Vó Jaudete, Vô Delfino, Tio Raul e Tia Kathia, que ficam na saudade mas com certeza estão felizes por mim onde quer que estejam.

Pela parceria, obrigada aos amigos que são incontáveis. Aos que a vida me deu, colegas de UFRGS de outros cursos, que eu nem sei ao certo como chegaram ao meu lado, mas desejo que nunca vão embora. Aos colegas da escola, que mantiveram a amizade e o contato e as boas memórias da infância. Os colegas da faculdade, desde aqueles que entraram comigo no curso aos que nunca tive uma aula juntos, obrigada por me acolherem e compartilharem comigo as diversões e dificuldades que a vida acadêmica trás. Obrigada Fernanda por compartilhar teus horários comigo e aumentar as chances de sermos colegas. Obrigada gurias, Laís e Larissa, pelo esforço colaborativo de estagiar, escrever o TCC e se formar enquanto trabalhávamos durante a manhã, vocês são incríveis. Obrigada também aos colegas de trabalho, às teachers do CALI, aos monitores do UNIFICADO e aos educadores do cursinho Afirmação. Obrigada por me ensinarem e me guiarem na minha formação como professora.

Obrigada para aqueles que se tornaram meus pilares, meu porto seguro e minha família de coração. Júlia Hansen sem ti este diploma ainda estaria muito distante e este trabalho nem existiria. Gê, que sempre me ouviu, conversou comigo e pilhou minhas loucuras. Dora obrigada por me inspirar e me guiar em momentos de incertezas. Félix obrigada por existir! Por alegrar os meus dias e compartilhar dos mesmos gostos que eu. Um enorme obrigada a todos do fundo do meu coração.

RESUMO

Fisiologia, Zoologia e Evolução são apenas alguns dos muitos conteúdos de Biologia ensinados na escola. Estes três assuntos promovem um grande diálogo entre si, afinal, todos os grupos animais possuem suas particularidades fisiológicas, características que explicam o seu modo e função de viver. Estes atributos não surgiram como mágica, eles foram moldados e modificados ao longo da história evolutiva animal, conservando semelhanças entre grupos e também individualidades. Com o objetivo de integrar diferentes áreas da biologia a partir do ensino de evolução, este trabalho buscou elaborar um material didático de fisiologia comparada do sistema circulatório, juntamente com um plano de aula para uma atividade prática de Ensino Médio. Utilizou-se livros didáticos escolares para avaliar a profundidade dos conhecimentos de fisiologia comparada que podem ser abordados dentro do ensino básico. Recursos interativos e táteis foram escolhidos para a construção do material didático do Sistema Circulatório de seis grupos animais: Cnidários; Crustáceos; Cefalópodes; Peixes; Anfíbios; Mamíferos. Adotou-se para a elaboração do plano de aula prática a abordagem didático-pedagógica que propõe os chamados “momentos pedagógicos” que priorizam a participação ativa e interativa dos alunos. Por fim, após embasar a construção do material e da aula, foi organizado um texto de linguagem acessível para disponibilizar as práticas em uma revista de divulgação científica com o intuito de ser utilizado por professores e docentes que busquem novos recursos para trabalhar a evolução dentro de sala de aula.

Palavras-chave: fisiologia comparada; ensino de evolução; sistema circulatório; material didático.

ABSTRACT

Physiology, Zoology and Evolution are just some of the many Biology contents taught at school. These three subjects promote a great dialogue between them, after all, all animal groups have their physiological particularities, characteristics that explain their way and function of living. These attributes did not appear like magic, they were shaped and modified throughout the animal evolutionary history, preserving similarities between groups and also individualities. With the aim of integrating different areas of biology through the teaching of evolution, this work sought to develop a teaching material on the comparative physiology of the circulatory system, together with a lesson plan for a practical activity in high school. School textbooks were used to assess the depth of knowledge of comparative physiology that can be covered within basic education. Interactive and tactile resources were chosen for the construction of the teaching material about the Circulatory System of six animal groups: Cnidarians; Crustaceans; Cephalopods; Fish; Amphibians; Mammals. The didactic-pedagogical approach adopted to prepare the practical lesson plan, was one that proposes the so-called “pedagogical moments” that prioritize the active and interactive participation of students. Finally, after supporting the construction of the material and the class, an accessible language text was written to make available the practices in a scientific dissemination magazine with the aim of being used by teachers and professors looking for new resources to work on evolution within the classroom.

Keywords: comparative physiology; teaching of evolution; circulatory system; didactic material

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Pôsteres digitais.....	27
Figura 2 -	Grupos animais recortados.....	27
Figura 3 -	Exercício do livro “Vida na Terra: como é possível?”.....	32
Figura 4 -	Exemplos de circulação aberta/fechada no livro “Água e Vida”.....	33
Figura 5 -	Exemplos de circulação aberta/fechada no livro “Saúde e Tecnologia”.....	34
Figura 6 -	Exemplos circulação de vertebrados no livro “Saúde e Tecnologia”	34
Figura 7 -	Circulação de gastrópode no livro “Vida, Saúde e Genética”.....	35
Figura 8 -	Circulação de anelídeo no livro “Vida, Saúde e Genética”.....	36
Figura 9 -	Circulação simples e dupla no livro “Vida, Saúde e Genética”.....	36
Figura 10 -	Corações de vertebrados no livro “Vida, Saúde e Genética”.....	37
Figura 11 -	Material didático da Circulação dos Cnidários.....	39
Figura 12 -	Material didático da Circulação dos Crustáceos.....	40
Figura 13 -	Material didático da Circulação dos Cefalópodes.....	41
Figura 14 -	Material didático da Circulação dos Peixes.....	42
Figura 15 -	Material didático da Circulação dos Anfíbios.....	43
Figura 16 -	Material didático da Circulação dos Mamíferos.....	44

LISTA DE SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
FNDE	Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação
ICBS	Instituto de Ciências Básicas da Saúde
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
MEC	Ministério da Educação
PNLD	Programa Nacional do Livro e do Material Didático
RCGEM	Referencial Curricular Gaúcho do Ensino Médio
UFAL	Universidade Federal de Alagoas
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
1.1	OBJETIVO GERAL.....	13
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
2.1	FISIOLOGIA COMPARADA DO SISTEMA CIRCULATÓRIO.....	15
2.2	MATERIAL DIDÁTICO NO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM.....	18
2.3	ABORDAGEM DIDÁTICO-PEDAGÓGICA.....	19
2.4	A BIOLOGIA NA ESCOLA NOS DIAS ATUAIS.....	20
3	METODOLOGIA.....	23
3.1	ESTUDO EXPLORATÓRIO DOS LIVROS DIDÁTICOS.....	23
3.2	ELABORAÇÃO DOS MATERIAIS DIDÁTICOS.....	25
3.3	CONSTRUÇÃO DO PLANO DE AULA.....	29
3.4	A DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA.....	30
4	RESULTADOS.....	31
4.1	LIVROS DIDÁTICOS.....	31
4.2	MATERIAL E PLANO DE AULA.....	37
4.3	DIVULGAÇÃO NA REVISTA.....	45
5	DISCUSSÃO.....	46
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	50
	PERSPECTIVAS.....	52
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53
	APÊNDICE A - Plano de Aula Prática.....	58
	APÊNDICE B - Quadro Comparativo para Atividade Prática.....	60
	APÊNDICE C - Plano de Aula para Testagem de Material e Conhecimentos.....	61
	APÊNDICE D - Pré-Teste de Conhecimentos.....	63
	APÊNDICE E - Pós-Teste de Conhecimentos.....	64
	APÊNDICE F - Questionário de Opinião em Escala Likert.....	65
	APÊNDICE G - Quadro organizador de busca nos livros didáticos.....	67
	ANEXO A - Publicação na revista “A ciência como ela é”.....	69

1 INTRODUÇÃO

A Biologia é a ciência responsável por investigar e compreender as diferentes formas e aspectos da vida existente no nosso planeta. Enquanto outras áreas do conhecimento trabalham sobre os possíveis sentidos e significados da vida, as ciências biológicas estudam sua origem e organização. Neste sentido, a compreensão da teoria da evolução se torna um ponto essencial para o estudo da vida. A comparação entre seres vivos é o que nos permite encontrar diferenças, semelhanças e, principalmente, evidências evolutivas morfológicas ou moleculares. A teoria da evolução deveria possuir papel integrador no ensino de biologia, pois interpretar conteúdos com o olhar evolutivo auxilia a enxergar a razão da nossa organização funcional hoje e também o histórico por trás dela (VIEIRA e ARAÚJO, 2021).

Para os professores de Biologia, trabalhar o conceito de evolução biológica pode ser desafiador. Segundo Zamberlan e Silva (2009), nos prendemos em livros didáticos que ensinam o evolucionismo como uma teoria que trata da origem humana. Ao utilizar esta representação, não temos uma visão correta de como a evolução pode ser verdadeiramente trabalhada na biologia e nos encontramos, múltiplas vezes, em conflito com as crenças de alunos. A distorção do tema impede a compreensão da teoria da evolução. Essa distorção poderia ser diminuída por meio de diferentes abordagens ao tema. Ao evitar iniciar o assunto com o homem como produto da evolução, cria-se espaço para que os alunos elaborem o pensamento evolucionista à medida que estudam diferentes conteúdos da Biologia.

E como trabalhar um assunto tão importante como a evolução na educação básica? Não é tão simples quanto colocar uma lâmina de cebola no microscópio para poder provar que a mitose existe. A seleção natural e a herança de caracteres são conceitos um tanto abstratos visto que não são ciências que conseguimos reproduzir dentro de um laboratório com os alunos. Ambas são fenômenos naturais que envolvem múltiplas populações, comunidades e, principalmente, o tempo. Portanto, é muito importante desenvolver recursos didáticos que facilitem a compreensão desses conceitos. De fato, todos os conteúdos da área da biologia podem ser estudados a partir do olhar evolutivo, o que facilita a compreensão da evolução e da história dos seres vivos no nosso planeta (ZAMBERLAN e SILVA, 2009).

Nesse contexto, o estudo de anatomia comparada entre os animais é uma maneira de encontrar semelhanças que indicam como seria a forma dos ancestrais comuns entre um conjunto de animais e outro. A compreensão da fisiologia comparativa é uma importante ferramenta para o entendimento da evolução das espécies e suas relações com o ambiente (HILL; WYSE; ANDERSON, 2015). O sistema circulatório dos animais, por exemplo, apresenta diferentes adaptações nos animais de acordo com o ambiente em que vivem (dentro ou fora da água), se são vertebrados ou invertebrados, e vários outros fatores. Ao comparar os sistemas dos grandes grupos de animais é possível observar características homólogas entre o sistema circulatório dos peixes, por exemplo, e um sistema mais diferenciado, com a circulação dupla das aves e mamíferos (MOYES e SCHULTE, 2010).

O conhecimento das características dos seres vivos, quando estudado de forma isolada, direciona o aluno para a memorização do conteúdo e dificulta a compreensão da conexão biológica que existe entre eles. Desta forma, vislumbrar conteúdos como a Zoologia e a Fisiologia sobre as lentes da evolução pode facilitar a capacidade de compreender ambos assuntos, de maneira integrada. Além disso, para que as teorias evolucionistas permitam o estudo da biologia, a conexão entre as características dos seres vivos entre si e entre seus habitats é fundamental (VIEIRA e ARAÚJO, 2021).

Entre os livros mais utilizados nas escolas, existem livros didáticos que trabalham com a fisiologia comparada juntamente do viés evolutivo? Este conteúdo pode ser ensinado na educação básica ou se prende apenas ao ensino superior? Está previsto na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), o estudo sobre Evolução Biológica, na Competência Específica 2 da Área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, Etapa do Ensino Médio (BRASIL, 2018). Além de presente na descrição da competência, o tópico sobre a diversidade da evolução zoológica pode ser abordado em mais de uma habilidade, como a EM13CNT202 “Analisar as diversas formas de manifestação da vida em seus diferentes níveis de organização, bem como as condições ambientais favoráveis e os fatores limitantes a elas...” (BRASIL, 2018) juntamente com a EM13CNT208 “Aplicar os princípios da evolução biológica para analisar a história humana, considerando sua origem, diversificação, dispersão pelo planeta...”(BRASIL, 2018).

O Referencial Curricular Gaúcho de Ensino Médio (RCGEM) também possui habilidades que destacam o conhecimento sobre as diferentes formas de

organização da vida, entre elas, a habilidade sugerida para o currículo gaúcho, a partir da habilidade EM13CNT206 da BNCC, “Ter ciência da importância da preservação da vida no planeta, em toda sua diversidade e complexidade, a fim de preservar a sobrevivência de todas as espécies...” (RIO GRANDE DO SUL, 2021).

Pode-se entender, então, que o estudo da evolução biológica possui distintas finalidades, segundo a BNCC e o RCGEM. Contudo, em todas as habilidades citadas anteriormente, uma palavra é constantemente repetida: diversidade. Estar ciente sobre a diversidade da vida para poder compreender a existência dela, sua origem, seus limites e, principalmente, como fazer para a proteger e preservar. Só conseguimos preservar o que conhecemos e entendemos e, por isso, a evolução como grande eixo integrador das ciências biológicas pode ser o caminho para e de como trabalhar estas habilidades. São inúmeras as evidências evolutivas, entre elas uma das mais exemplificadas é a Anatomia, o estudo da forma dos seres vivos. A morfologia, no entanto, é frequentemente utilizada para tratar da forma externa dos animais. Por outro lado, a Fisiologia trata da organização funcional dos sistemas dos mesmos. Assim, a Fisiologia Comparada como evidência biológica, também torna o ensino de biologia mais interdisciplinar em seus conteúdos, ao abordar o ensino de evolução, zoologia e fisiologia em conjunto. Desta forma, nossa hipótese é que a comparação entre o sistema circulatório de diferentes grupos de animais pode ser uma abordagem eficiente para estudar a evolução biológica.

Um outro aspecto relevante a ser considerado no estudo e compreensão dos seres vivos, do seu funcionamento e de como ocorreu sua evolução, diz respeito ao material bibliográfico e à abordagem didática que são utilizadas pelo professor para abordar este tema. Como dito acima, aulas de laboratório sobre o tema não são opções viáveis, porém o estudo centrado na aprendizagem do aluno, como defendido por Moran (2013), é essencial. Atividades práticas e lúdicas com o assunto trabalhado são métodos de engajar o interesse dos estudantes, mesmo que idealizá-las leve tempo e criatividade dos professores.

1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver uma proposta de estudo comparado de sistemas circulatórios de animais a partir da análise de coleções

didáticas destinadas à área de Ciências da natureza e suas tecnologias, do Ensino Médio, aprovadas pelo PNLD de 2021.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos envolvem: Realizar uma análise documental de coleções didáticas da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias aprovadas pelo PNLD de 2021 para o Ensino Médio; Realizar revisão bibliográfica sobre o sistema circulatório dos diferentes animais a partir de livros do ensino básico e superior para elaborar o material didático; Montar seis modelos de sistema circulatório dos seguintes grupos de animais: Mamíferos, Peixes, Anfíbios, Crustáceos, Cefalópodes e Cnidários; Elaborar o plano de aula com os modelos construídos sobre o Sistema Circulatório dos diferentes animais, incluindo uma atividade prática em grupos; Realizar a divulgação desta aula prática e do material elaborado em um veículo de divulgação científica.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

No contexto escolar, existe ainda muita dificuldade e resistência no ensino da evolução biológica. Segundo Araújo (2017), os currículos escolares apresentam pouca desenvoltura para trabalhar a evolução sem se deparar com temáticas que possam confundir os alunos a partir de conceitos equivocados. A própria ideia da evolução biológica como eixo integrador da biologia já explica que a mesma não deve ser utilizada apenas para explicar a existência humana, como se fosse a “etapa final” da evolução. A contextualização histórica auxilia no entendimento de todas as áreas da biologia, desde a citologia até as complexas relações ecológicas dos seres vivos.

No antigo Ensino Médio, a Teoria da Evolução estava no final do livro didático do último ano escolar, fato que a afastava da sua interdisciplinaridade com os outros conteúdos, afinal, os alunos não estavam sendo estimulados a enxergar outros assuntos sob a “luz da evolução” (ARAÚJO, 2017). Na atual BNCC, este conteúdo está previsto para ser trabalhado pela área de Ciências da Natureza, sem especificar qual ano do Ensino Médio (BRASIL, 2018). Esta nova organização do currículo pode abrir oportunidades de determinadas habilidades serem aplicadas múltiplas vezes ao longo da trajetória escolar, como o ensino da evolução e suas diferentes aplicações.

2.1 FISIOLOGIA COMPARADA DO SISTEMA CIRCULATÓRIO

Segundo Moyes e Schulte (2010), os diferentes grupos de animais possuem diferentes tipos de organização fisiológica: os cnidários não possuem sistema circulatório e movimentam água e nutrientes pelas suas bocas e tentáculos. Os crustáceos possuem um sistema aberto, onde o sangue sai do coração por artérias, porém, volta por fora de um vaso sanguíneo, pelos óstios. Os cefalópodes são os únicos moluscos com sistema fechado e apresentam três corações, um sistêmico e dois branquiais. Os peixes possuem um circuito simples, onde o sangue passa do coração para as brânquias, delas para o corpo e de volta ao coração. Os anfíbios possuem uma circulação dupla e fechada, porém, apresentam dois átrios e um só ventrículo, além de respiração pulmonar e cutânea, fatores que causam a mistura

sanguínea. Os mamíferos e as aves possuem uma circulação dupla e fechada, com o sangue arterial completamente separado do sangue venoso.

Os diferentes sistemas circulatórios existentes nos animais desempenham uma função sistêmica similar: movimentar oxigênio, dióxido de carbono, moléculas, nutrientes e células imunes de uma parte à outra do corpo (HILL; WYSE; ANDERSON, 2015; MOYES e SCHULTE, 2010). A estruturação essencial deste sistema consiste em um mecanismo capaz de aplicar força e direcionar o sangue, como uma bomba, um sistema de tubos ou espaços que permitam a passagem do líquido e, por fim, um líquido a ser circulado. O autor afirma que apesar de nem todos os animais possuírem um sistema circulatório, todos eles apresentam algum tipo de circulação e algum mecanismo para propelar líquidos. Animais com organizações mais simples, como os poríferos e os cnidários, possuem maneiras de mover água pelas cavidades internas de seus corpos. Os cnidários representam estes animais mais ancestrais na linhagem evolutiva. A água entra do meio externo pela boca das anêmonas e águas vivas e é bombeada pela cavidade gastrovascular através de contrações musculares. Essa ação representaria parte de um sistema respiratório, circulatório e digestório combinados (MOYES e SCHULTE, 2010).

Entre os invertebrados, a organização do sistema circulatório apresenta uma enorme diversidade, onde a maioria possui circulação aberta. Contudo, alguns grupos de invertebrados fecharam a sua circulação de maneira convergente ao longo da evolução. A circulação aberta ocorre quando o fluido que circula pelo animal entra em contato direto com os tecidos do corpo, se misturando com o líquido extracelular, em pelo menos um momento da circulação. Estes locais de contato direto com o tecido se chamam seios. Nos seios, também chamados de hemocele, encontramos a hemolinfa, presente entre o endoderma e o ectoderma (RANDALL, 2000). A hemolinfa é a mistura extracelular do tecido sanguíneo com o tecido linfático. Todos os artrópodes possuem o sistema aberto, inclusive os Crustáceos, um dos outros grupos escolhidos para este trabalho. Nos crustáceos decápodes, por exemplo, o sangue parte de um coração musculoso, com câmaras contráteis e se move por artérias ramificadas que se esvaziam em seios nos tecidos (MOYES e SCHULTE, 2010). O sangue retorna para dentro do coração pela parte externa do coração e entra por meio de óstios (pequenos buracos contráteis na musculatura cardíaca).

Segundo Moyes e Schulte (2010), os cefalópodes são um dos grupos de invertebrados que desenvolveram o sistema cardiovascular fechado ao longo da evolução. Os cefalocordados, grupo representado por lulas e polvos, também apresentam três corações na sua organização sistemática. Um destes corações é a bomba sistêmica, que impulsiona o sangue oxigenado para diferentes partes do corpo. Os outros dois corações bombeiam o sangue desoxigenado através das brânquias, onde irão ocorrer as trocas gasosas.

Todos os vertebrados apresentam sistema circulatório fechado. Segundo Hill, Wyse e Anderson (2015), os peixes apresentam uma circulação similar aos outros vertebrados, porém, o sangue passa apenas uma vez pelo coração, configurando uma circulação simples. Após o sangue venoso ser propelido do coração pela aorta ventral ele é oxigenado pelas brânquias, onde irá seguir pela aorta dorsal para o resto do corpo do animal. Após a respiração celular dos tecidos, o sangue desoxigenado irá voltar ao coração pelas grandes veias. O coração de um peixe apresenta quatro câmaras: um seio venoso, por onde chega o sangue; um átrio; um ventrículo; um segmento bulboso que se conecta à aorta ventral.

Surge nos anfíbios a presença de duas câmaras atriais completamente separadas, onde o sangue oxigenado, vindo do pulmão, entra pelo átrio esquerdo e o sangue venoso, vindo do corpo, entra pelo direito (HILL; WYSE; ANDERSON, 2015). Após a passagem pelo único ventrículo, a mistura da composição sanguínea ocorre. Este tipo de sistema circulatório é considerado fechado, duplo e incompleto, pois não permite a separação plena do sangue oxigenado e desoxigenado. Os anfíbios realizam trocas gasosas pelos seus pulmões e também pela sua pele, ocasionando novamente a mistura dos tipos de sangue, visto que o sangue arterial pulmonar irá ao coração pela veia pulmonar enquanto o sangue arterial cutâneo irá pela veia sistêmica, se misturando ao sangue recém desoxigenado.

No sistema cardiovascular dos mamíferos e aves a circulação é considerada fechada, dupla e completa. A sua estruturação é nomeada assim por possuir quatro câmaras cardíacas, o que permite a separação completa do sangue arterial e venoso. O sangue oxigenado entra no coração pela veia pulmonar para o átrio esquerdo. Após, passa para o ventrículo esquerdo onde sai pela artéria aorta para oxigenar o sangue. Com a circulação corporal, o sangue, agora venoso, volta para o coração entrando pela veia cava no átrio direito. O átrio direito leva o sangue ao ventrículo direito que impulsiona o mesmo para a artéria pulmonar. No pulmão

ocorre a oxigenação sanguínea, que então retoma sua ida ao coração. Por passar obrigatoriamente no coração duas vezes, denominamos esta circulação de dupla. Este sistema, apesar de ser complexo e com muitos detalhes, é o mais ensinado no ensino básico, por ser a representação do sistema cardiovascular humano.

2.2 MATERIAL DIDÁTICO NO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM

O uso do material didático permite a aprendizagem de forma mais concreta e menos verbal, melhorando a eficiência deste processo. Segundo Fiscarelli (2008) sua utilidade vem a partir do conjunto de saberes, valores e significados construídos pelos alunos em torno do objeto de aprendizagem. A definição de material didático não é algo exato. O material didático é aquele que auxilia o professor a transmitir ao aluno uma mensagem melhor acerca do conteúdo trabalhado. Isso pode incluir materiais vistos muitas vezes como básicos, como giz e caneta de quadro, quanto outros mais artísticos, como cola, tesoura, cartolina e sucata, e também materiais mais tecnológicos, como projetor, microscópio e outras formas de reprodução de mídia.

Entre as vantagens do material didático apresentadas por Fiscarelli (2008), está a tomada da atenção do aluno, a participação ativa do mesmo e a concretização do assunto trabalhado. Também são apresentadas desvantagens, como a menor eficiência do material quando substitutivo da explicação do professor e também a diminuição da autonomia do professor quando obrigado a fazer utilização do recurso. O recurso didático por si só não muda as práticas de sala de aula, e não é capaz de trazer uma transformação positiva no ensino. O professor é o responsável por interpretar o material e incorporar o mesmo em suas aulas, de maneira que possibilite um melhor aproveitamento da aula pelo aluno.

O material didático é, então, um recurso vinculado ao professor que o utiliza. O domínio de seu uso pelo professor é essencial para alcançar uma aprendizagem significativa para o aluno, que o impacte e favoreça o entendimento sobre o assunto. Do mesmo modo que esta conexão entre professor, material e conteúdo é importante, a sua obtenção vem por meio da tentativa e erro ao fazer seu uso. Alguns recursos podem se apresentar muito eficientes para o ensino-aprendizagem em dada situação e também atrapalhar em determinados momentos. Cabe ao

professor enxergar os momentos corretos de levar cada tipo de material didático para sala de aula, valorizando as configurações de turma e personalidades dos alunos. Estas sensibilidades são conquistadas após experimentações e é a partir delas que este recurso didático pode ser melhorado e adaptado para diferentes momentos e aulas.

2.3 ABORDAGEM DIDÁTICO-PEDAGÓGICA

Estudos na área de ensino evidenciam a necessidade do professor rever os conteúdos a serem ensinados, as metodologias de ensino e a forma de avaliação para que ocorra um aprendizado significativo (PRENSKI, 2001). Neste contexto, o processo de ensino-aprendizagem centrado no aluno, por meio da utilização de metodologias ativas, torna-o responsável pela construção de seu conhecimento (MORAN, 2013). De acordo com Kember (1997), as estratégias de aprendizagem ativas variam desde a discussão de um pequeno número de questões entre pares durante a aula até a inversão da sala de aula, transmitindo o conteúdo antes da aula e depois usando o tempo de aula para prática e reforço dos alunos. Na aprendizagem ativa o instrutor em sala de aula passa a ter um papel de facilitador de experiências de aprendizagem, um fornecedor de feedback direcionado e oportuno e um sintetizador de idéias (uma abordagem centrada no aluno/orientada para a aprendizagem).

No contexto da educação escolar, Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002) defendem que alunos são “não neutros” dentro e fora de sala de aula e trazem consigo para o ambiente escolar as suas vivências e bagagens de conhecimento. Essa falta de neutralidade promove o pensamento crítico, dando significado para os objetos de ensino apresentados pelo professor. Os autores defendem então que é papel dos docentes, e instituição de ensino, se desafiarem a não apenas se manter na abordagem padrão de sala de aula, mas a valorizar o que os alunos trazem de contribuição ao assunto.

Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002) propõe os chamados “momentos pedagógicos”, seguindo a ideia de Paulo Freire em educar a partir do processo de “codificação - problematização - decodificação” juntamente com sua elaboração sobre a cultura prévia do aluno como ponto de partida educativo. O primeiro

momento pedagógico, chamado de Problematização Inicial, consiste em adquirir informações do que os educandos sabem sobre determinado assunto. A problematização se dá pois neste espaço procura-se incitar a dúvida, a colisão de argumentos e iniciar um questionamento em grupo sobre a temática, onde para resolver essa problematização será necessário obter esclarecimentos novos. Organização do Conhecimento é como é chamado o segundo momento pedagógico, onde, como o nome indica, organizamos as informações necessárias para auxiliar com a compreensão do que está sendo trabalhado. Esta é a etapa onde diferentes recursos e mídias podem ser utilizados para desenvolver a aprendizagem. O terceiro e último momento pedagógico é a Aplicação do Conhecimento e segue o preceito de:

[...] abordar sistematicamente o conhecimento que vem sendo incorporado pelo aluno, para analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinaram seu estudo como outras situações que, embora não estejam diretamente ligadas ao motivo inicial, podem ser compreendidas pelo mesmo conhecimento. (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2002, p.202)

A utilização de metodologias ativas centradas no aluno, como a utilização de atividades práticas que incentivem o desenvolvimento do pensamento crítico pelo aluno e a interdisciplinaridade, facilita a realização destes três momentos pedagógicos descritos por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002), principalmente o terceiro momento de aplicação do conhecimento.

2.4 A BIOLOGIA NA ESCOLA NOS DIAS ATUAIS

A Base Nacional Comum Curricular é a principal referência a ser seguida pelos profissionais da docência ao organizar um currículo, uma aula ou até uma atividade avaliativa. Em 2017 a Lei nº 13.415/2017 alterou a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), onde foi definido que a partir desta lei, a BNCC passaria a definir os direitos e objetivos de aprendizagem no ensino médio (BRASIL, 2017). A Base estrutura as suas áreas de conhecimento em 4 categorias: linguagens e suas tecnologias; matemática e suas tecnologias; ciências da natureza e suas tecnologias; ciências humanas e sociais aplicadas. As ciências biológicas se

encontram dentro das Ciências da Natureza, juntamente com a química e a física. A Lei nº 13.415/2017 define que juntamente destas 4 áreas de conhecimento, o currículo do ensino médio também será composto por itinerários formativos, chamados de formação técnica e profissional.

Visando promover o crescimento dos estudantes como cientistas e cidadãos eficientes, as Ciências da Natureza foram organizadas em 3 competências específicas. A primeira competência é:

Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global. (BRASIL, 2018, p.553)

Tal competência é descrita por conteúdos clássicos da área da química e da física, como o estudo da estrutura da matéria, o cálculo estequiométrico, a termodinâmica, entre outros assuntos. São listadas 7 habilidades a serem desenvolvidas pelos alunos nesta categoria. Em seguida, a segunda competência é descrita como:

Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis. (BRASIL, 2018, p.553)

Esta citada conta com 9 diferentes habilidades, das quais remetem os assuntos trabalhados nas ciências biológicas. A descrição da competência é a compreensão da constante mudança durante a história do universo, do nosso planeta e, principalmente para a biologia, dos seres vivos. Por fim, a terceira competência é especificada como:

Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC). (BRASIL, 2018, p.553)

A última competência incentiva o desenvolvimento do pensamento racional e crítico do aluno quanto à ciência. Busca encorajar o debate ético dos diversos

avanços científicos e juntamente considerar os impactos locais e/ou globais que pode causar na natureza e na humanidade. Ela possui 10 habilidades que devem ser trabalhadas na escola.

Este modo de organização das Ciências da Natureza apesar de remeter às matérias clássicas de Biologia, Química e Física, não separa os seus conteúdos em esferas distantes. Por meio das habilidades, os conteúdos têm abertura para serem ensinados de forma interdisciplinar, com diferentes pontos de vista dentro de cada processo natural. Com este objetivo, da conversa entre as disciplinas escolares, os livros didáticos alinhados com a BNCC não são mais divididos por matéria, e sim por área de conhecimento.

O Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) é uma política pública organizada e executada pelo Ministério da Educação (MEC) simultaneamente com o Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE). Juntos, ambos avaliam e selecionam livros e coleções didáticas para participar do PNLD, onde as instituições de ensino que aderirem ao Programa, podem eleger quais materiais adotar e receber gratuitamente (BRASIL, 2021a).

No “PNLD 2021 - Obras Didáticas por Áreas do Conhecimento” foram indicadas as coleções para serem utilizadas no ensino médio. A área de Ciências da Natureza apresentou 7 coleções neste PNLD, cada uma composta por 6 livros didáticos. Dentro das coleções, os conteúdos de Física, Química e Biologia se misturam em capítulos diferentes dentro do mesmo livro. Alguns capítulos também escolhem temáticas interdisciplinares, que utilizam os conhecimentos destas 3 matérias. De acordo com a BNCC, as competências e habilidades da Área de Ciências da Natureza do Ensino Médio não possuem mais um ano específico para serem ensinadas. Por esse motivo, os seis livros presentes em cada coleção seguem ordens diferentes dos conteúdos apresentados. Estas obras estão disponíveis de forma online abertamente para consulta, no endereço digital de cada editora.

3 METODOLOGIA

Este trabalho foi desenvolvido em três etapas: 1) Estudo exploratório de livros didáticos utilizados no ensino médio para auxiliar na compreensão de como o conteúdo é abordado nos mesmos; 2) Elaboração do material didático teve como base a pesquisa também em livros didáticos de Ensino Superior. Nesta mesma etapa foram construídos os materiais didáticos; 3) Por fim, foi construído um plano de aula, onde o conteúdo programático e o material didático se juntaram para ganhar vida dentro de sala de aula, de maneira organizada e com base nos referenciais teóricos, como proposto por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002).

3.1 ESTUDO EXPLORATÓRIO DOS LIVROS DIDÁTICOS

Para esta pesquisa, foram analisados os livros e coleções do “PNLD 2021 - Obras Didáticas por Áreas do Conhecimento” na área de Ciências da Natureza. As 7 coleções disponíveis nesta área estão indicadas no Guia Digital PNLD 2021 (BRASIL, 2021b), organizado pela Universidade Federal de Alagoas (UFAL). O Guia indica quais coleções participam do programa, estas são aquelas utilizadas nas escolas públicas. As obras possuem livre acesso online para consultas e este foi o meio utilizado para fazer a livre análise qualitativa deste trabalho.

Para este trabalho, foram lidas e analisadas nas sete coleções, as seções que tratam sobre Zoologia, Fisiologia e Evolução. Os assuntos a serem analisados foram selecionados, inicialmente, pela leitura dos Sumários e Índices de cada livro das coleções. Posteriormente, para cada assunto escolhido foram selecionadas palavras chave para a pesquisa. No assunto Zoologia, foram selecionados aqueles que, em seu sumário, mencionaram as palavras “animais”, “biodiversidade” e “seres vivos”; no assunto Fisiologia, foram selecionados aqueles que, em seu sumário, mencionaram as palavras “sistema circulatório”, “sistema cardiovascular”, “circulação de nutrientes”; e no assunto Evolução, foram selecionados aqueles que, em seu sumário, mencionaram as palavras “evidências evolutivas”, “diversificação”, “história da vida”. A partir desta busca e seleção, identificamos que cada uma das coleções apresentou entre 2 a 3 livros que tratassem dos temas e esses tiveram seu conteúdo analisado. Os títulos, coleções e editoras dos livros analisados estão listados abaixo (Quadro 1)

Quadro 1 - Livros utilizados na pesquisa

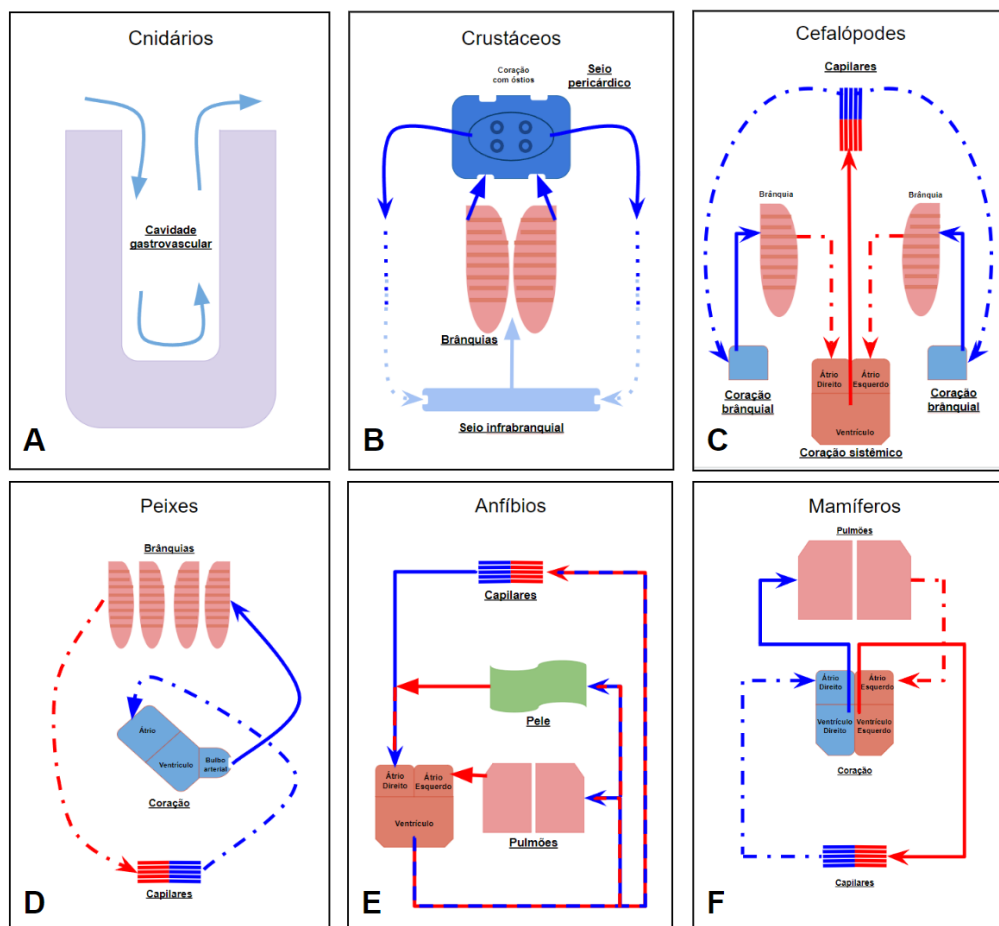
	Livro	Coleção	Editora	Referência
1	Vida na Terra: Como é possível?	Diálogo	Moderna	(MODERNA e SANTOS, 2020a)
2	Ser Humano: Origem e Funcionamento	Diálogo	Moderna	(MODERNA e SANTOS, 2020b)
3	Evolução e Universo	Lopes & Rosso	Moderna	(LOPES e ROSSO, 2020a)
4	Poluição e Movimento	Lopes & Rosso	Moderna	(LOPES e ROSSO, 2020b)
5	Corpo humano e Vida saudável	Lopes & Rosso	Moderna	(LOPES e ROSSO, 2020c)
6	Água e Vida	Moderna PLUS	Moderna	(AMABIS <i>et al.</i> , 2020a)
7	Matéria e Energia	Moderna PLUS	Moderna	(AMABIS <i>et al.</i> , 2020b)
8	Universo e Evolução	Moderna PLUS	Moderna	(AMABIS <i>et al.</i> , 2020c)
9	Saúde e Tecnologia	Conexões	Moderna	(THOMPSON <i>et al.</i> , 2020a)
10	Terra e Equilíbrios	Conexões	Moderna	(THOMPSON <i>et al.</i> , 2020b)
11	Evolução, Biodiversidade e Sustentabilidade	Matéria, Energia e Vida - Uma abordagem interdisciplinar	Scipione	(MORTIMER <i>et al.</i> , 2020a)
12	Desafios Contemporâneos das Juventudes	Matéria, Energia e Vida - Uma abordagem interdisciplinar	Scipione	(MORTIMER <i>et al.</i> , 2020b)
13	Matéria, Energia e a Vida	Multiversos	FTD	(GODOY, DELL'AGNOLO e MELO 2020a)
14	Origens	Multiversos	FTD	(GODOY, DELL'AGNOLO e MELO 2020b)
15	Ciência, Sociedade e Ambiente	Multiversos	FTD	(GODOY, DELL'AGNOLO e MELO 2020c)
16	Evolução, Tempo e Espaço	Ser Protagonista	SM	(FUKUI <i>et al.</i> , 2020a)
17	Vida, Saúde e Genética	Ser Protagonista	SM	(FUKUI <i>et al.</i> , 2020b)

Fonte: autora

chamamos de pôsteres digitais das circulações legendados como: (A) Circulação dos Cnidários (B) Sistema circulatório dos crustáceos (C) Sistema Circulatório dos Cefalópodes (D) Sistema Circulatório dos Peixes (E) Sistema Circulatório dos Anfíbios (F) Sistema Circulatório dos Mamíferos (Figura 1). Estes pôsteres foram elaborados utilizando o *software Google Slides*. Sua formatação foi feita no tamanho de uma folha A1 (841 mm x 594 mm). Eles serviram como esquema organizacional das circulações e também como base de impressão. Para a impressão, foi feita uma versão simplificada, que não apresentava os elementos que seriam adicionados como táteis. Esta versão também possui legendas em letra de forma e o título de todas era “Sistema Circulatório dos _____” deixando em branco o grupo, para poder deixar a dinâmica com o material mais indagadora e estimulante. Os nomes de cada grupo foram impressos junto a figuras reais de um representante, para auxiliar na conexão de grupo e organismos. Estes foram recortados separadamente para serem encaixados ao lado do título (Figura 2).

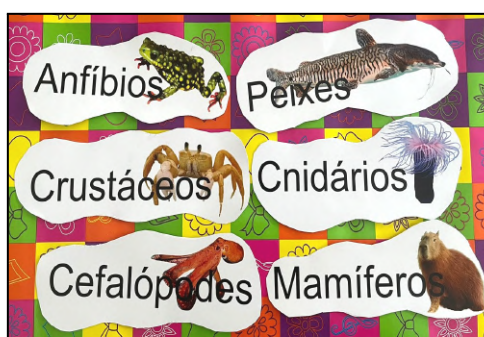
Após a impressão em papel A1 (gramatura 75) dos pôsteres simplificados, foi feita a colagem deles sobre banners de lona. Os banners foram reciclados a partir de pôsteres apresentados em congressos e adquiridos a partir de doações de pesquisadores da UFRGS. As impressões foram coladas com uma mistura de cola e água e as bordas foram recortadas. Os banners serviram como estrutura, acabamento e proteção dos pôsteres, permitindo a manipulação do material sem correr riscos de danificar o papel. As laterais foram finalizadas com fita crepe e papel Contact colorido, para evitar que o material se soltasse do banner e conter danos ao material.

Figura 1 - Pôsteres digitais



Fonte: autora

Figura 2 - Grupos animais recortados



Fonte: autora

Para representar a circulação dos Cnidários, papel celofane foi colado em cima do corpo do indivíduo, para representar uma textura lisa e visualmente brilhante. As setas que representam a circulação da água já estavam impressas.

Nos crustáceos, as brânquias foram feitas de penas artificiais coladas com uma mistura de cola e água. O coração foi feito a partir da talha de esponja de

cozinha e a mesma foi pintada de azul. Pequenos buracos circulares foram feitos no coração para representar os óstios. Os seios infrabranquial e o pericárdico foram impressos e suas bordas contornadas por cola colorida, que proporciona uma textura 3D ao material, delimitando o espaço de cada seio. Os vasos sanguíneos foram feitos com dois diferentes materiais: fio de malha para representar as veias e linha soft trançada para representar as artérias. Por não terem sangue vermelho e sim azul, a cor de linha azul claro foi escolhida para destacar o sangue venoso e a cor azul escura para o sangue arterial. Por ter uma circulação aberta, as artérias que partiam do coração tinham a sua ponta solta. Nesta ponta, foi pintado diretamente no papel a cor azul escura transicionando para um tom mais claro, simbolizando a desoxigenação do sangue diretamente em contato com os tecidos.

O material dos Cefalópodes seguiu uma organização similar, o padrão de textura das linhas se manteve o mesmo, malha para as veias e soft trançado para as artérias. Houve também a adição da linha de algodão que, por ser fina, foi utilizada para representar os capilares. Nestes animais, a cor vermelha foi utilizada para representar o sangue arterial e a cor azul para o sangue venoso. O coração sistêmico foi pintado de vermelho, por transportar apenas o sangue com oxigênio, enquanto os dois corações branquiais foram pintados de azul, pelo sangue que ali passa ser rico em gás carbônico. O coração sistêmico possui uma única grande cavidade. O sistema também apresenta brânquias feitas a partir de penas artificiais e, por ser fechado, não possui partes pintadas com tinta.

A circulação dos Peixes seguiu os padrões de cores e materiais semelhantes à anterior. O principal destaque na construção deste material é o coração com um formato diferente e 3 cavidades. O coração foi pintado inteiramente de cor vermelha e uma camada de cor azul foi feita por dentro das cavidades. O motivo é que, apesar do sangue venoso estar sendo representado como azul, ele não é verdadeiramente azul (com exceção dos crustáceos), sendo ainda vermelho. Por isso, mesmo que o único sangue passando pelo coração dos peixes seja o venoso, o coração não deixa de ser vermelho. A cor das cavidades ficou diferente para facilitar a compreensão.

A mistura sanguínea é uma das características marcantes dos Anfíbios. Para transpor este aspecto, as artérias foram trançadas com duas cores de fio soft, vermelho e azul, nos momentos em que ocorria essa mistura. No caso das veias, enrolamos o fio vermelho e o azul um ao redor do outro quando necessário. O coração dos anfíbios possui 3 cavidades, dois átrios e um ventrículo. No átrio direito

e no ventrículo, foi pintado dentro das cavidades listras azuis e vermelhas para mostrar a mistura que ocorre nessas cavidades. Estas listras foram inspiradas nas figuras dos livros de fisiologia, que também frequentemente representavam a mistura como listras. Nos anfíbios, também foi adicionado dois outros órgãos, a pele e os pulmões. O material escolhido para a pele foi uma rede de espuma para frutas, que foi cortada e pintada de verde. Os dois pulmões foram feitos de espuma para carro, que é utilizada na lavagem do carro. Eles também foram talhados, como a esponja de cozinha, mas foram pintados de rosa. A espuma para carro, além de possuir textura diferente da esponja, é mais alta, então pode ser pressionada e “inflar” e “desinflar” como um pulmão.

Por fim, o material do sistema circulatório dos Mamíferos seguiu os mesmos padrões dos anteriores. Com 4 cavidades no coração, dois átrios e dois ventrículos, o lado esquerdo foi pintado de vermelho e o direito de azul. Nos mamíferos, não há mistura de sangue, e cada átrio se liga com apenas um ventrículo. Isto foi representado no modo em que as esponjas foram cortadas. Também apresenta pulmão, como os anfíbios, e capilares, como os cefalópodes, peixes e anfíbios.

3.3 CONSTRUÇÃO DO PLANO DE AULA

Um plano de aula, utilizando o material didático, é necessário para organizar a sua utilização e dar sentido à ele. Como é explicado por Fiscarelli (2008), o material solto sem o conteúdo não ensina. Pensando em uma atividade prática, foi elaborado um plano de aula que permitisse a exploração do aluno pelo material com o apoio do professor (APÊNDICE A).

Utilizando a abordagem pedagógica dos 3 momentos pedagógicos de Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002), a atividade possui início, meio e fim. Na dinâmica da aula elaborada, o início e o fim são momentos de conversa e debates, para definir os conhecimentos, enquanto o meio é o momento exploratório.

Para guiar o aluno na atividade e servir de método avaliativo, foi criado um quadro comparativo para ser preenchido durante a atividade (APÊNDICE B). O quadro possui espaço para descrever características importantes dos seres vivos, e a última lacuna é para instigar o aluno a adivinhar qual grupo animal é, baseado na conversa inicial e conhecimentos próprios.

Pensando na utilização da aula para testagem de conhecimentos dos alunos e de eficácia da atividade prática com o material, também foi desenvolvido um plano de aula com espaço para a aplicação de questionários (APÊNDICE C). Juntamente desta testagem exploratória, um questionário de conhecimentos prévios, pré-teste (APÊNDICE D), e de conhecimentos póstumos, pós-teste (APÊNDICE E), foram construídos com 10 frases afirmativas sobre a temática em que o aluno poderia responder: verdadeiro, falso ou não sei. Ambos os questionários possuem as mesmas perguntas. O pré-teste está identificado também por um cabeçalho com figuras de animais invertebrados, enquanto o pós-teste possui um cabeçalho com animais vertebrados. Além disso, também foi elaborado um questionário de opinião em escala *Likert* (APÊNDICE F) para a avaliação da atividade prática por parte dos alunos.

3.4 A DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA

Foi elaborado um texto de linguagem acessível e enviado para a revista de divulgação científica “A Ciência como ela é”. A revista “A Ciência como ela é” é organizada pelo Instituto de Ciências Básicas da Saúde (ICBS) da UFRGS e possui periodicidade semestral. Nela, a comunidade docente e discente da UFRGS e também de outros centros de ensino, buscam compartilhar experiências e relatos sobre a ciência por meio da divulgação científica.

O texto elaborado durante este trabalho descreveu a importância de estudar a evolução biológica sob outros olhares. Destacou-se o aprendizado e engajamento dos alunos em aulas e atividades práticas e foram fornecidas diversas imagens do material construído junto com a descrição de suas montagens e explicações da circulação dos animais.

4 RESULTADOS

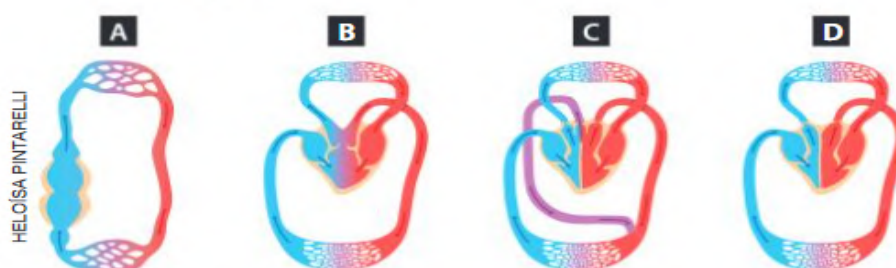
4.1 LIVROS DIDÁTICOS

A pesquisa feita com os livros didáticos pode fornecer informações sobre a profundidade do conteúdo de fisiologia comparada que pode ser ensinada no ensino médio. A partir da busca pelos temas chaves, um quadro (APÊNDICE G) foi desenvolvido. Das 7 coleções analisadas, a maioria tratou dos assuntos procurados (Zoologia, Fisiologia e Evolução) dentro de 2 a 3 livros na coleção, totalizando 17 livros (Quadro 1). Destes, apenas 4 livros, um de cada coleção, apresentaram descrição da anatomia e fisiologia dos grupos de animais, estes foram: “Vida na Terra: Como é possível?” (MODERNA e SANTOS, 2020a), “Água e Vida” (AMABIS *et al.*, 2020a), “Saúde e Tecnologia” (THOMPSON *et al.*, 2020a) e “Vida, Saúde e Genética” (FUKUI *et al.*, 2020b).

Quanto às figuras de fisiologia comparada, apenas o livro da coleção Diálogo (MODERNA e SANTOS, 2020a) apresentou o texto sem figuras. A única figura encontrada estava na seção de exercícios, sobre o sistema cardiovascular de peixes, anfíbios, répteis e aves (Figura 3). Havia uma descrição simples sobre cada animal, com imagens do próprio animal, mas sem representação visual de qualquer sistema fisiológico, deixando a descrição deles abstrata para o aluno. No entanto, seguindo o livro didático e resolvendo as atividades até o final do capítulo, os estudantes se deparam com uma pergunta que, apesar de bem construída e de destacar a evolução e semelhanças entre os sistemas, cobra a interpretação visual das circulações. No entanto, essas foram abordadas no livro apenas na forma de texto. A imagem, de tamanho pequeno, dificulta a visualização das cavidades nos corações, contudo, entre os animais representados, esta é uma das características mais importantes e marcantes para diferenciá-los.

Figura 3 - Exercício do livro “Vida na Terra: como é possível?”

1. Ao longo da evolução dos seres vivos, as alterações não foram apenas morfológicas, como também anatômicas e fisiológicas. Essas variações podem ser claramente notadas ao analisarmos os sistemas cardiovascular e respiratório dos diferentes grupos de vertebrados, por exemplo. Veja a seguir.



Representação do sistema cardiovascular de peixe (A), anfíbio (B), réptil (C) e ave (D). Imagens sem proporção e em cores-fantasia.

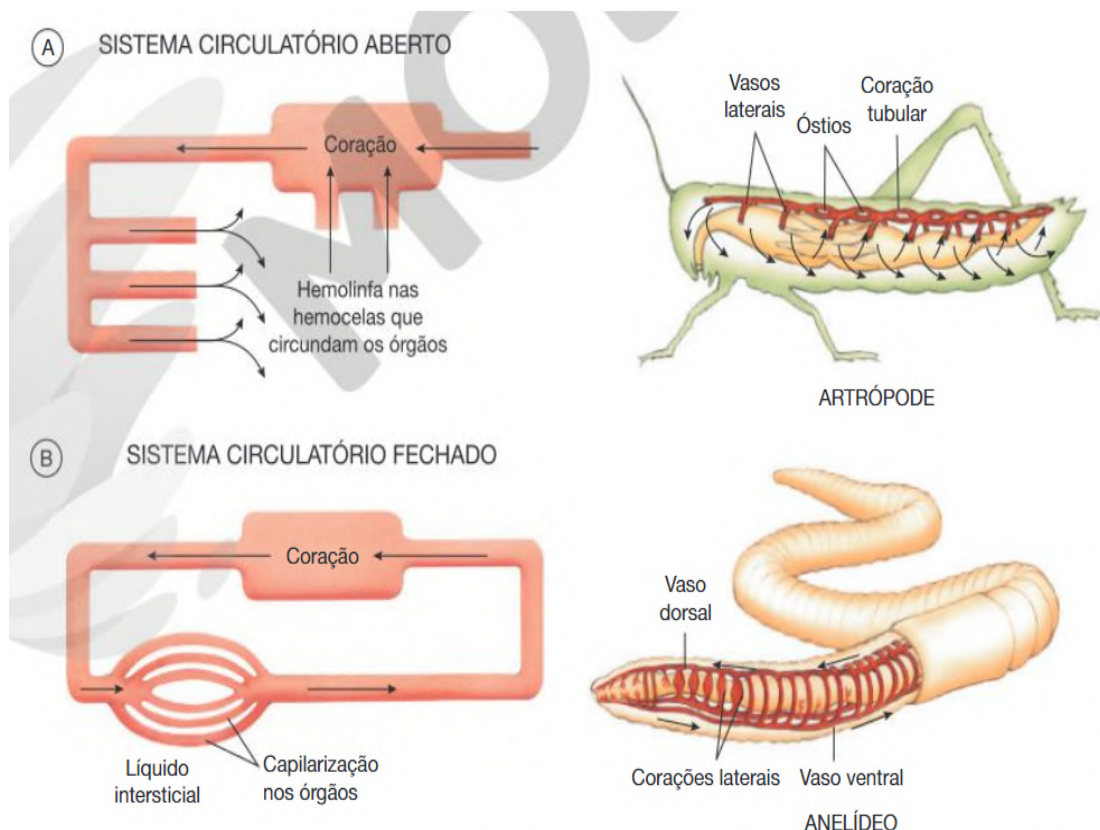
- Analizando as imagens, o que podemos afirmar a respeito da estrutura do sistema cardiovascular desses grupos de vertebrados?
- Descreva a circulação sanguínea em cada um dos grupos de vertebrados apresentados acima.
- A circulação dos mamíferos se assemelha a qual dos sistemas apresentados acima? Justifique sua resposta.

Fonte: Adaptado de MODERNA e SANTOS (2020a)

O livro “Água e Vida” da Moderna PLUS (AMABIS *et al.*, 2020a) também apresentou apenas uma imagem, sobre a circulação aberta/fechada dos animais (Figura 4) ao longo do corpo do texto. Neste livro, a descrição dos animais é feita a partir de um capítulo chamado “Anatomia e Fisiologia dos Animais” onde, na primeira parte, é feita uma descrição dos grupos, com exemplos de representantes e papéis ecológicos. Em seguida, são listadas as características dos animais, como a simetria ou as cavidades. O mesmo ocorre na terceira parte do capítulo que trata dos sistemas fisiológicos, sendo descrito a fisiologia da circulação de cada grupo e os diferentes níveis de complexidade. A única imagem do capítulo ilustra os sistemas circulatórios aberto e fechado. Contudo, outras características importantes não tem representação visual, como a mistura de sangue ou as cavidades dos corações. O capítulo é bem organizado e consegue tratar bem das semelhanças evolutivas entre

a anatomia e fisiologia dos animais. Para reforçar este pensamento, o capítulo apresenta também uma filogenia com os nove filis representados.

Figura 4 - Exemplos de circulação aberta/fechada no livro “Água e Vida”

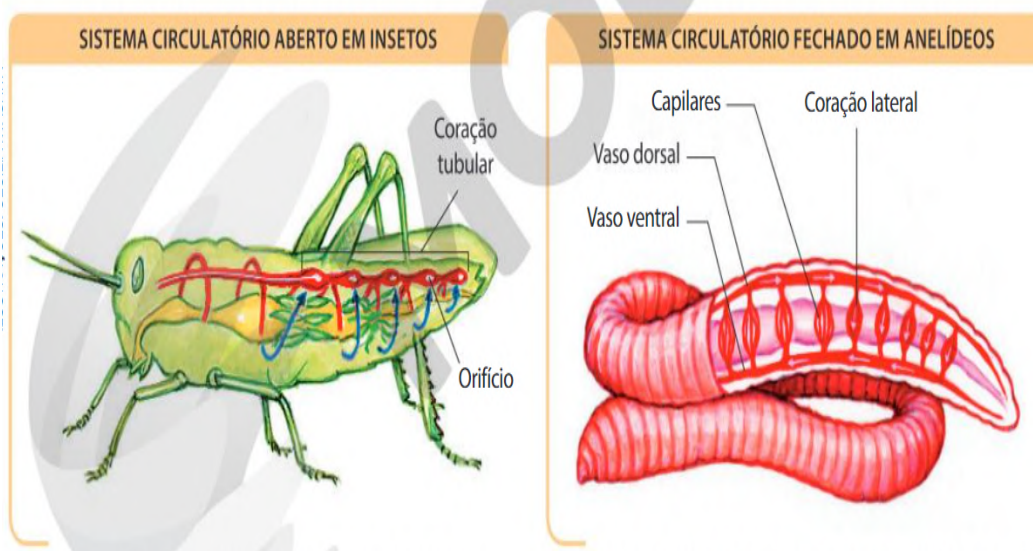


Fonte: Adaptado de AMABIS *et al* (2020a)

Enquanto as coleções “Diálogo” e “Moderna PLUS” apresentam a fisiologia comparada em um livro e a fisiologia humana em outro, a coleção “Ser Protagonista” apresenta ambas no mesmo livro, porém, em unidades separadas. O livro que demonstrou compartilhar melhor a visão evolutiva, ao utilizar a fisiologia de modo integrado com a zoologia e evolução, foi o livro da coleção “Conexões”: “Saúde e Tecnologia” (THOMPSON *et al.*, 2020a). Este livro é dividido em 6 capítulos, sendo o primeiro chamado “Anatomia e fisiologia comparadas” onde os vários sistemas e funções do corpo são tratados de maneira comparada, usando como exemplo diferentes grupos de seres vivos. Em cada sistema, após a descrição com imagens comparadas estão presentes em seguida imagens do sistema circulatorio humano. Esta abordagem ressalta que o ser humano também é um animal, o que é importante para o estudo da evolução, visto que, frequentemente, nos próprios livros

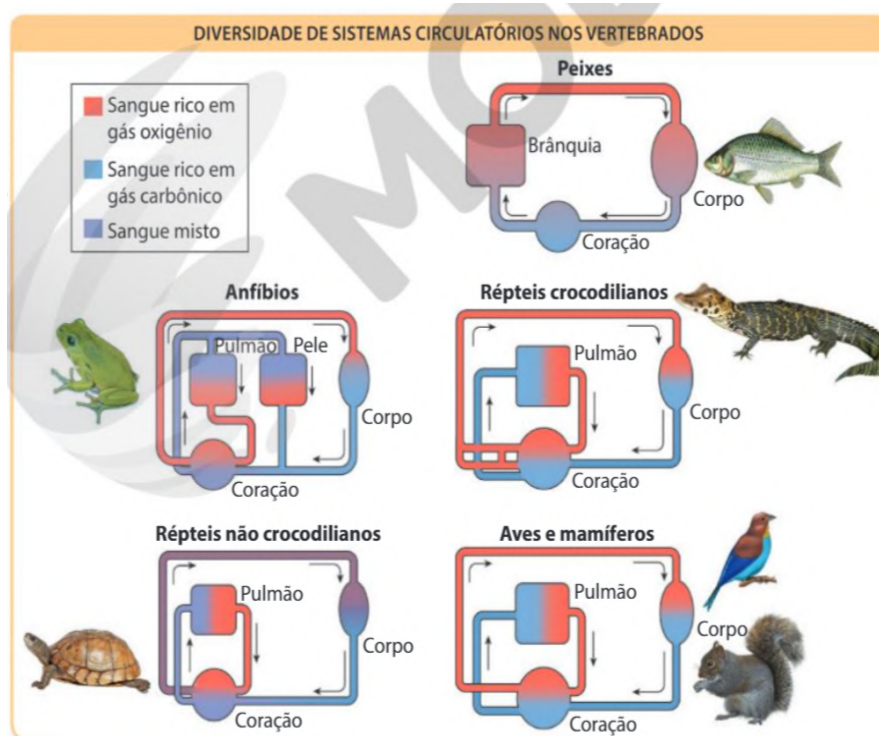
de Ciências da Natureza os humanos são postos como algo diferente e distante. Em destaque às figuras deste capítulo, ele é o único que visualmente representa a circulação aberta/fechada (Figura 5) e também com e sem mistura (Figura 6). As imagens estão claras e de acordo com os livros didáticos de Ensino Superior sobre Fisiologia Comparada (HILL; WYSE; ANDERSON, 2015; MOYES, 2010).

Figura 5 - Exemplos de circulação aberta/fechada no livro “Saúde e Tecnologia”



Fonte: Adaptado de THOMPSON *et al.* (2020a)

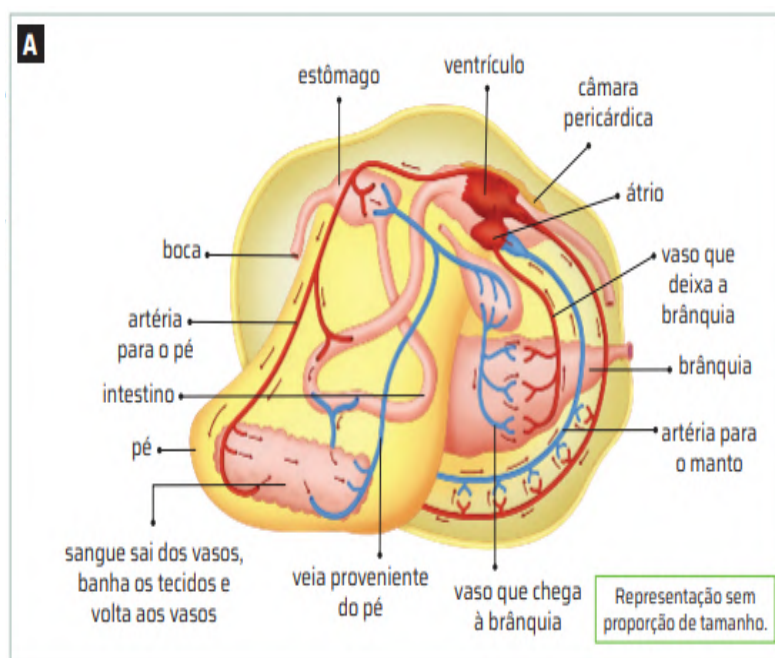
Figura 6 - Exemplos circulação de vertebrados no livro “Saúde e Tecnologia”



Fonte: Adaptado de THOMPSON *et al.* (2020a)

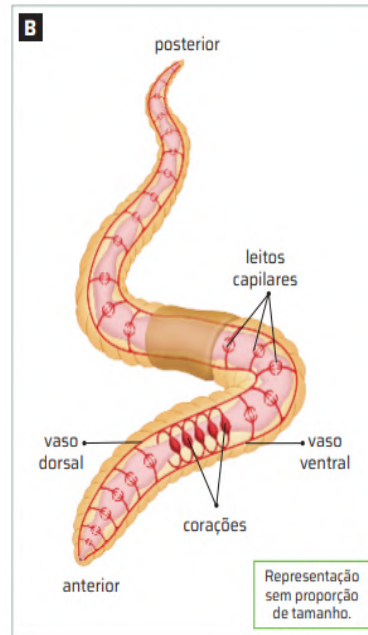
A coleção que mais apresentou imagens comparadas foi a Ser Protagonista no seu livro “Vida, Saúde e Genética” (FUKUI *et al*, 2020b). O livro também apresenta uma abordagem interessante e multidisciplinar sobre os assuntos. Na unidade “Seres vivos: forma e função” a descrição de processos biológicos dentro do organismo ocorre junto dos conteúdos da química e física. Na parte sobre sistema digestório, também foi abordado o ensino das composições e estruturas químicas de moléculas. No sistema respiratório, existe também o conteúdo da física dos gases, ensinando a calcular a pressão, o volume e a temperatura dos mesmos. Em cada atividade do organismo também há a menção às plantas, como elas absorvem nutrientes, respiram e têm a sua circulação. A unidade é repleta de figuras que auxiliam a explicar estes conteúdos multidisciplinares (Figuras 7, 8 e 9). Quanto ao sistema cardiovascular, este foi o único local a apresentar, ao longo do texto, uma figura comparando os diferentes tipos de coração existentes nos vertebrados (Figura 10).

Figura 7 - Circulação de gastrópode no livro “Vida, Saúde e Genética”



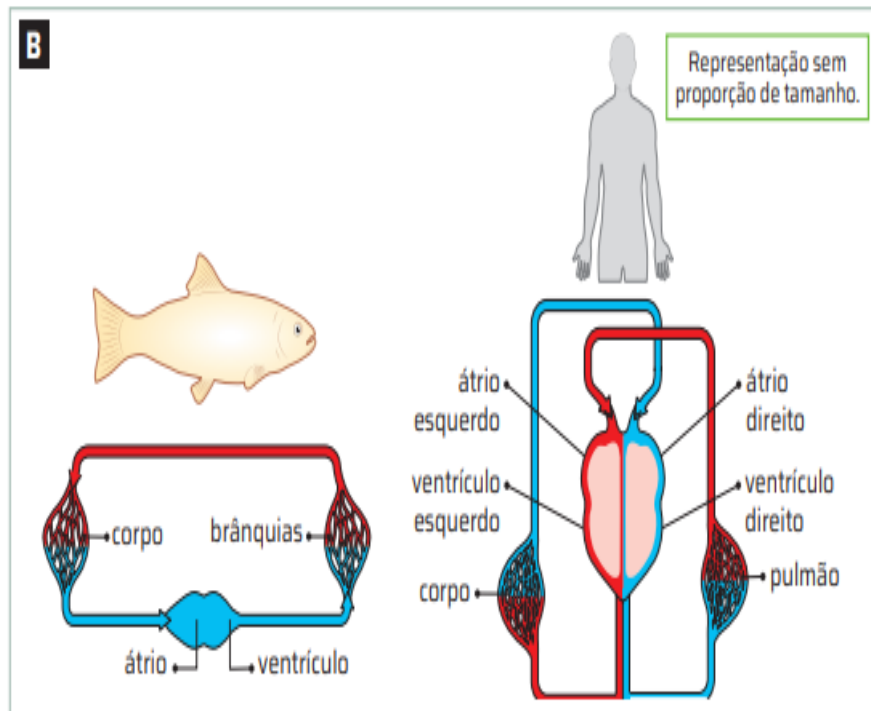
Fonte: Adaptado de FUKUI *et al*. (2020b)

Figura 8 - Circulação de anelídeo no livro “Vida, Saúde e Genética”



Fonte: Adaptado de FUKUI *et al.* (2020b)

Figura 9 - Circulação simples e dupla no livro “Vida, Saúde e Genética”

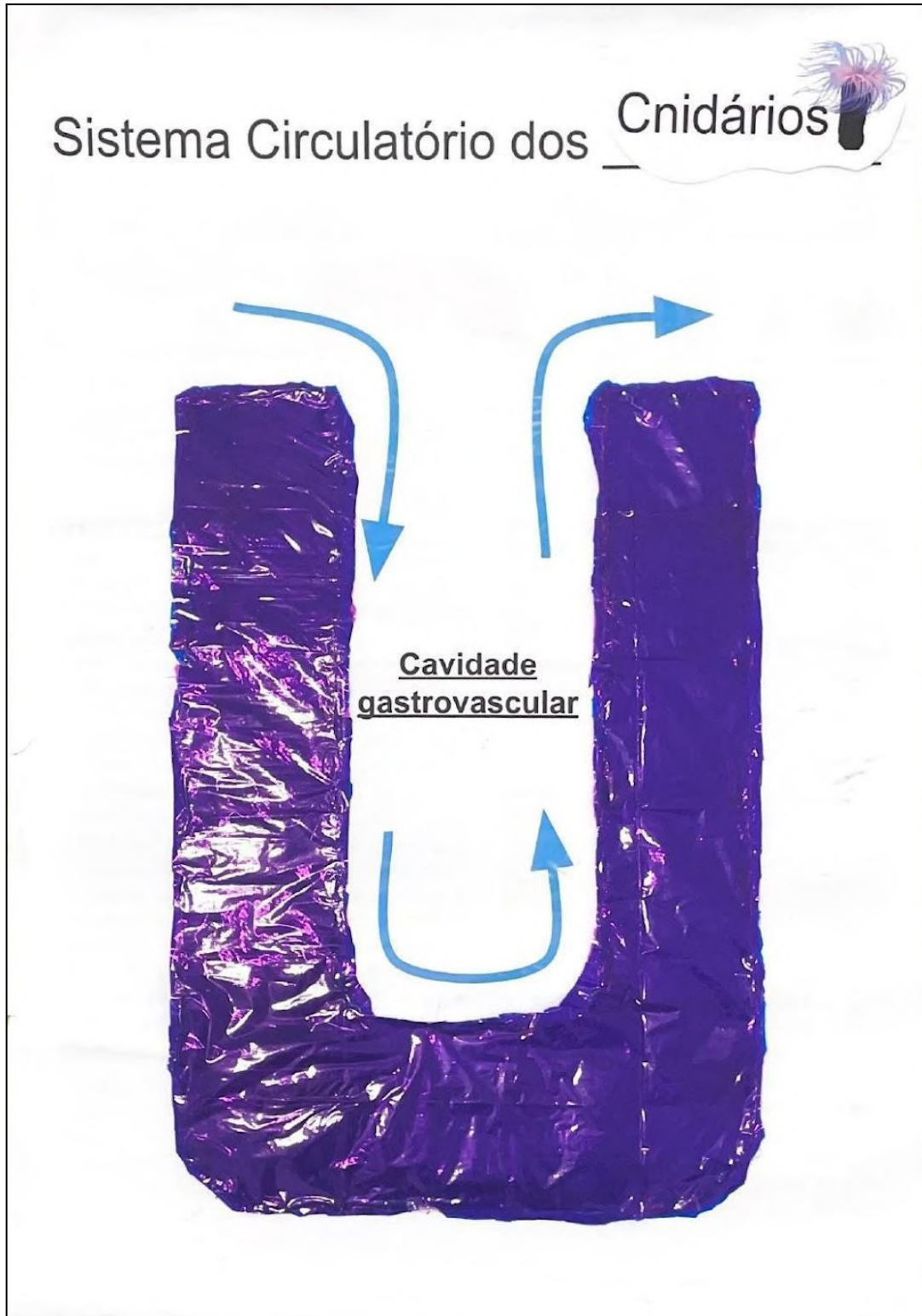


Fonte: Adaptado de FUKUI *et al.* (2020b)

pesados, o que facilita o seu deslocamento para o ambiente de sala de aula. A escolha de colar materiais táteis por cima torna esta figura, que parte de uma representação 2D do sistema circulatório, em algo 3D e maleável, onde alunos podem manusear, por exemplo, diferentes vasos sanguíneos e compreender onde estes se conectam. O tamanho e as cores dos produtos finais são realçados, o que prende a atenção dos alunos e desperta sua curiosidade. O nome do grupo animal pode ser adicionado ao material ou removido, pois é impresso em um papel de maior gramatura e pode ser colado com uma fita crepe (Figura 2).

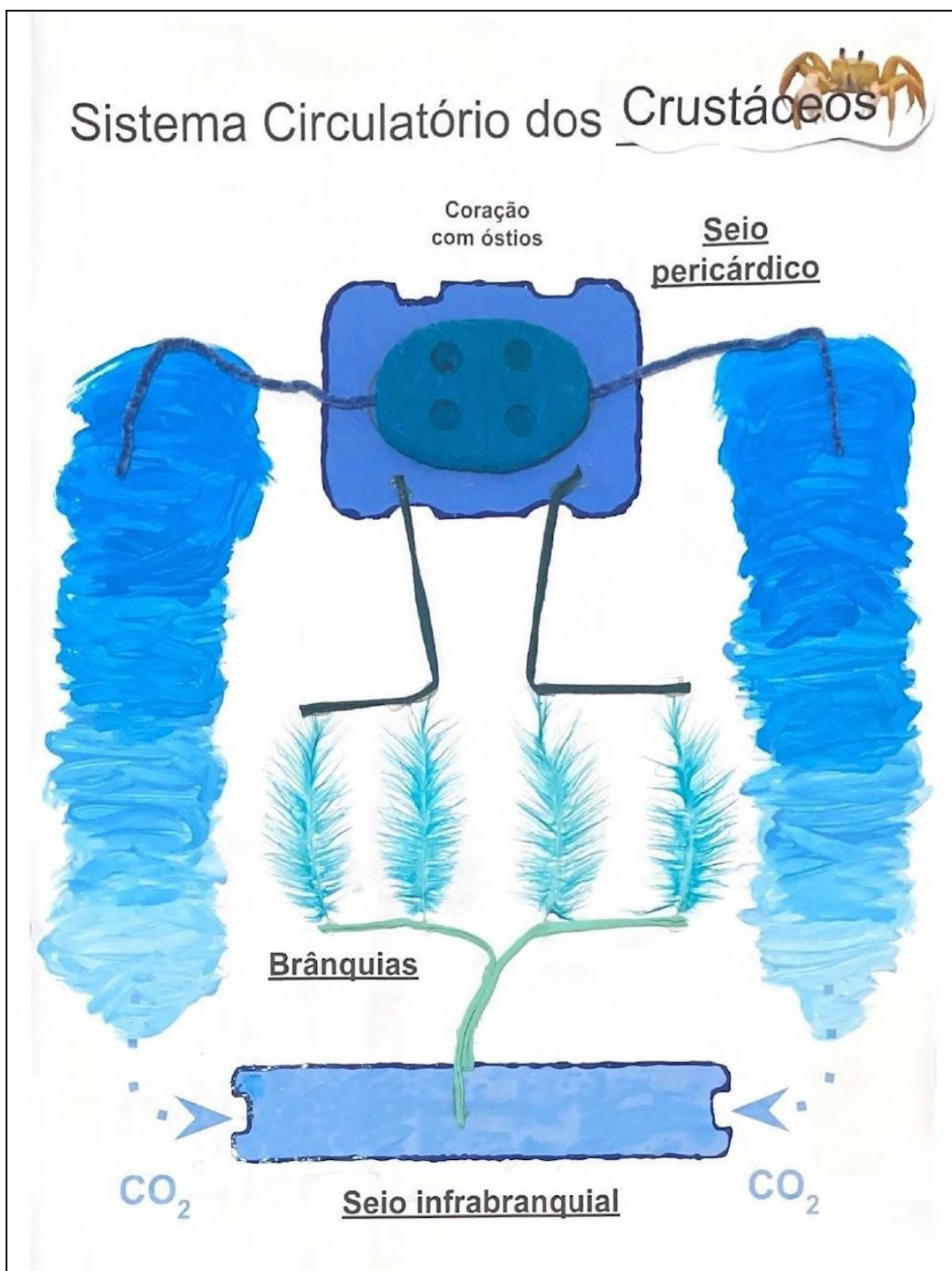
O planejamento de aula torna o uso do material dinâmico. Por precisar preencher um quadro com características do sistema e também tentar adivinhar a qual grupo ele pertence, deixando os títulos fora do material, a curiosidade e aprendizado do aluno acerca do assunto podem ser incentivados. O material e a atividade seguem o embasamento teórico dos livros didáticos. Contudo, para comprovar a eficiência na prática, a testagem do material didático em campo ainda é necessária.

Figura 11 - Material didático da Circulação dos Cnidários



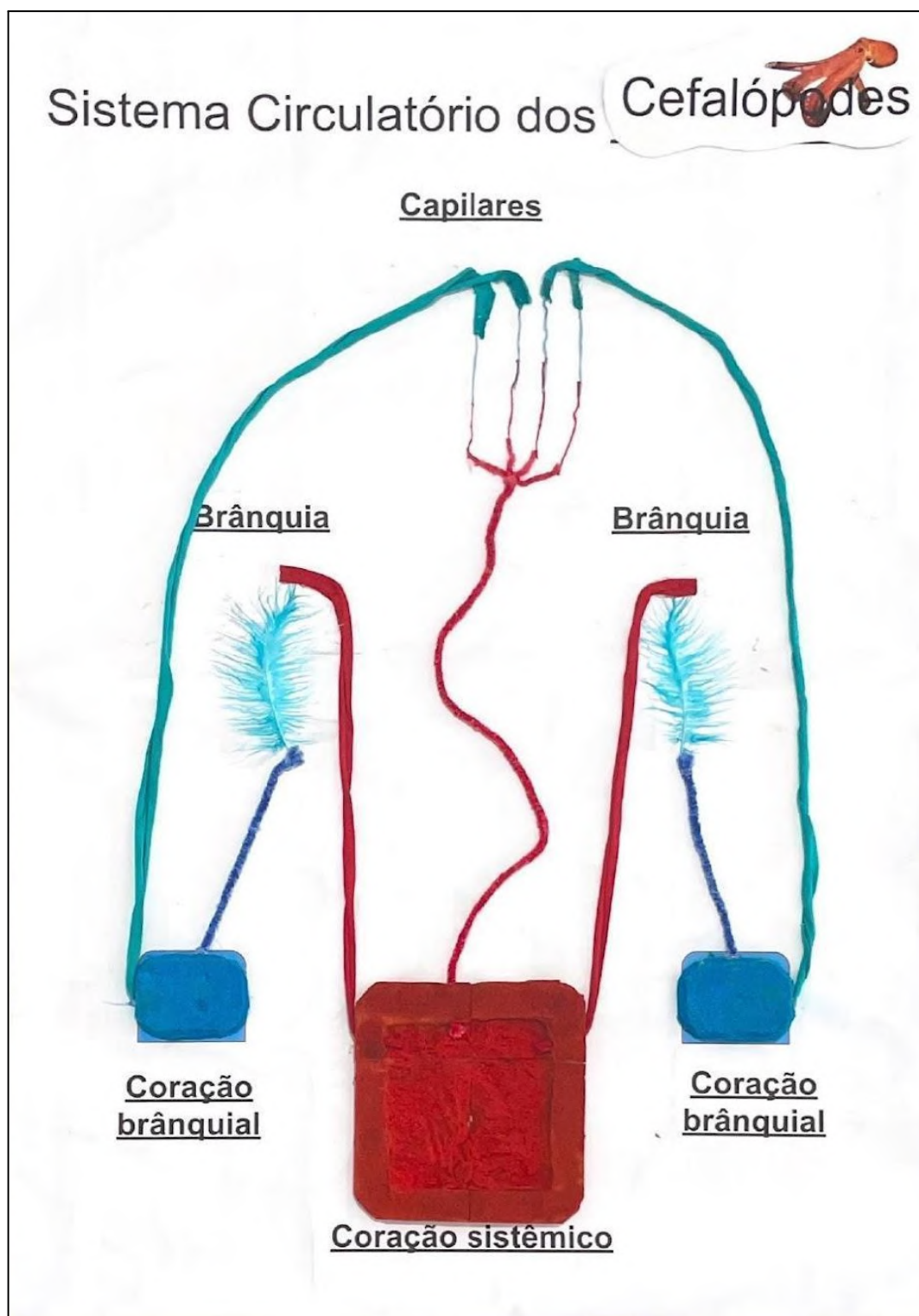
Fonte: autora

Figura 12 - Material didático da Circulação dos Crustáceos



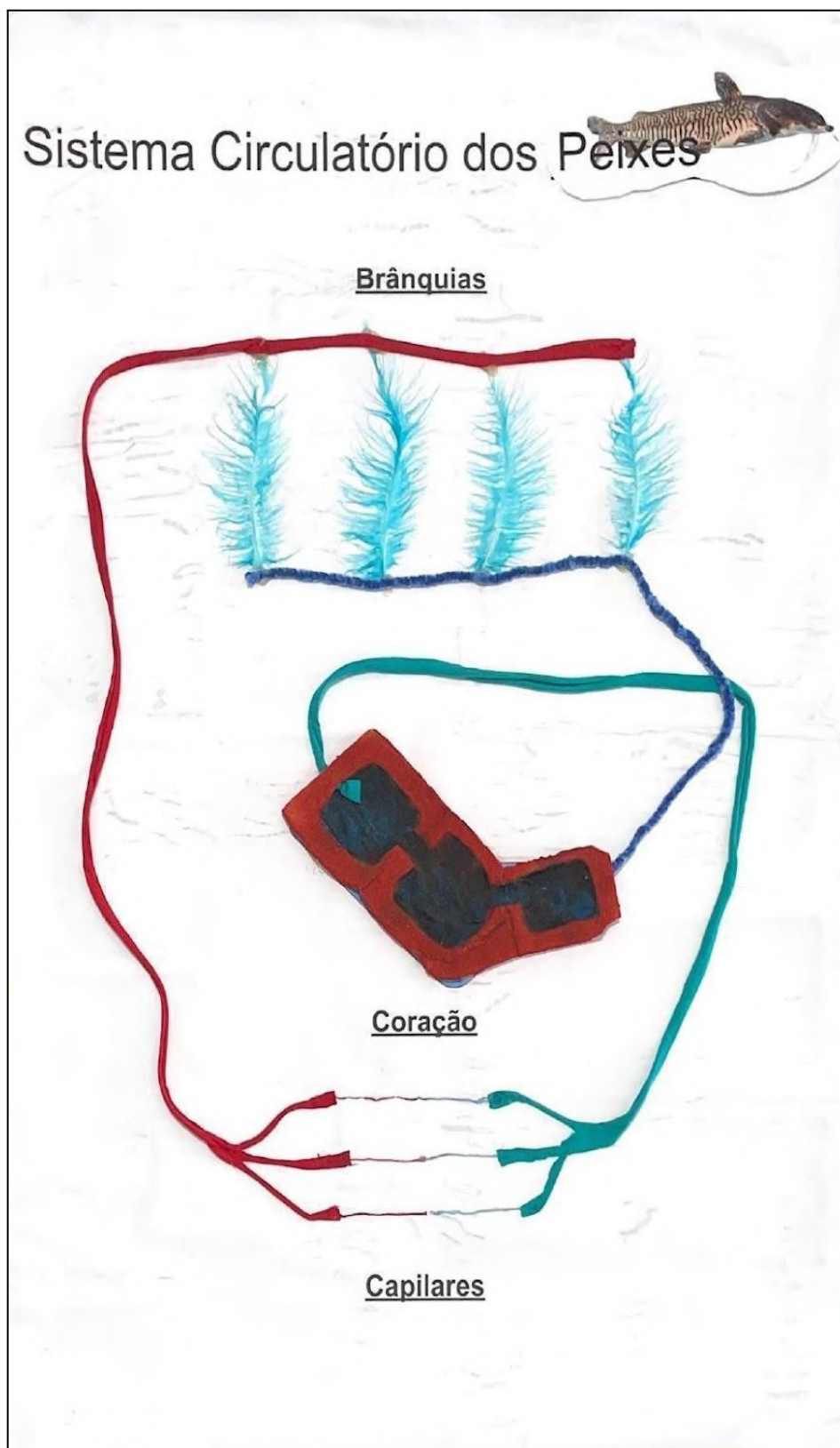
Fonte: autora

Figura 13 - Material didático da Circulação dos Cefalópodes



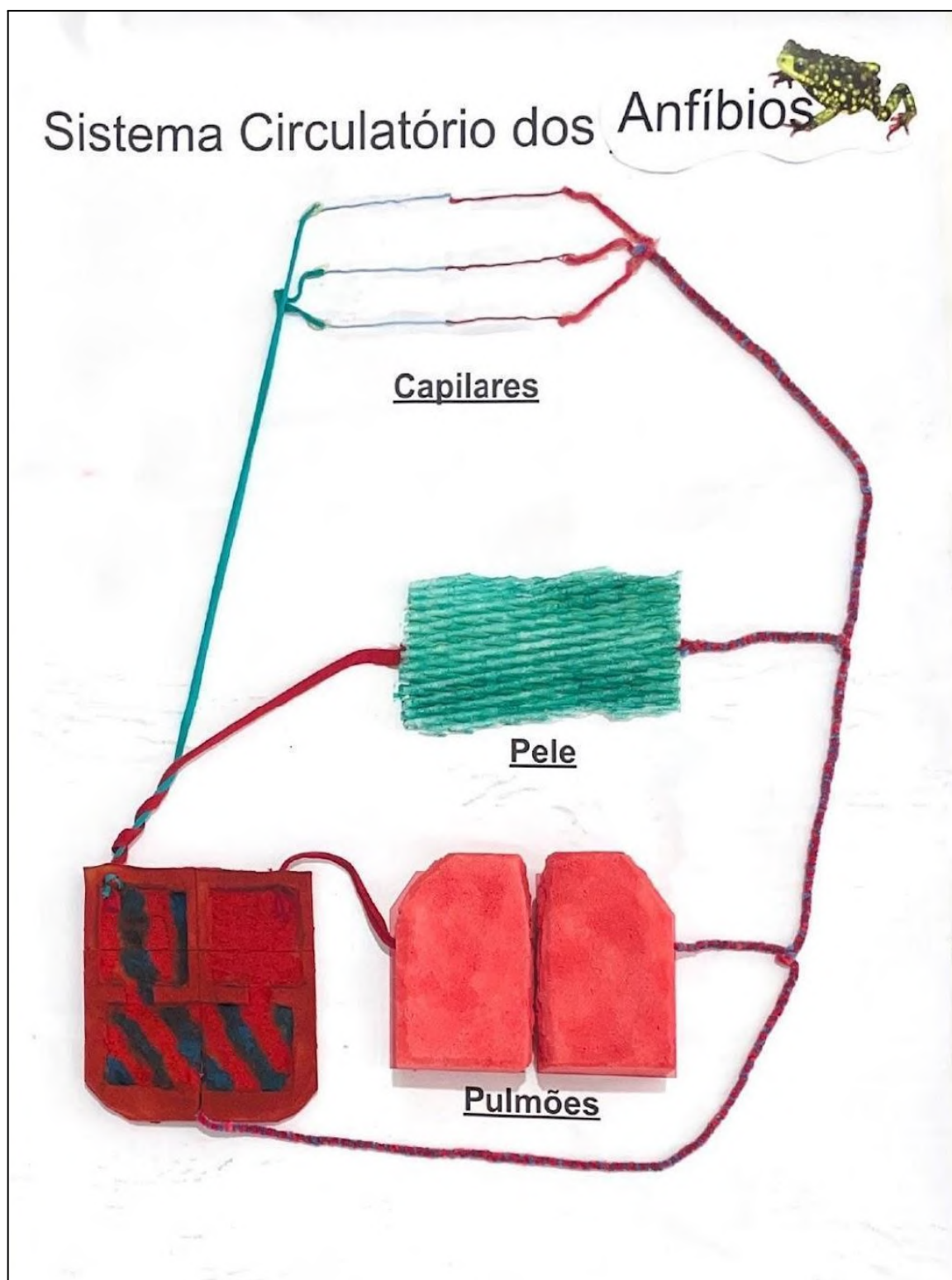
Fonte: autora

Figura 14 - Material didático da Circulação dos Peixes



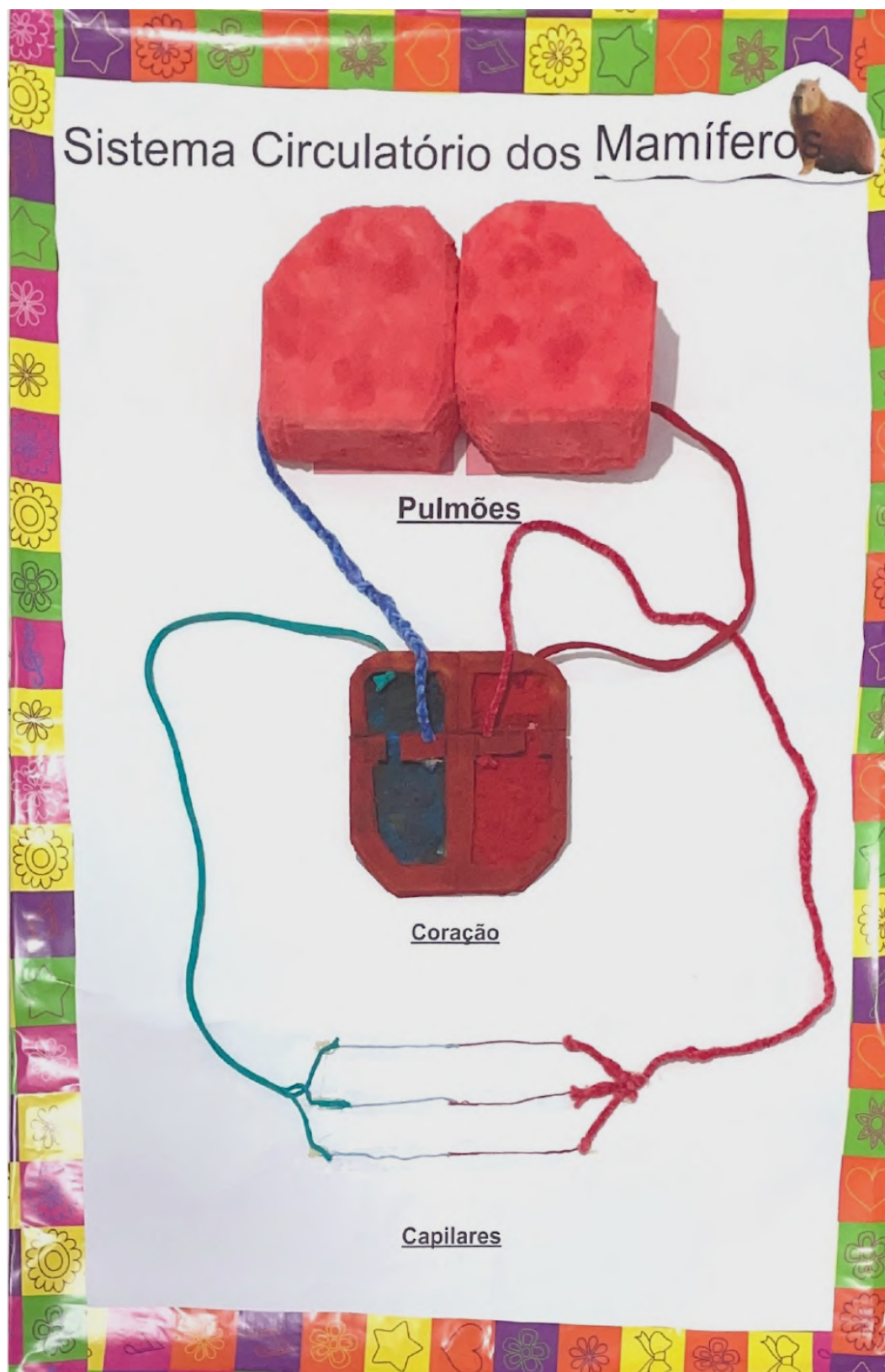
Fonte: autora

Figura 15 - Material didático da Circulação dos Anfíbios



Fonte: autora

Figura 16 - Material didático da Circulação dos Mamíferos



Fonte: autora

4.3 DIVULGAÇÃO NA REVISTA

Após o envio do artigo no mês de dezembro para a revista “A Ciência como ela é”, . O artigo foi aceito na edição n. 4 da revista virtual e foi publicada em janeiro de 2024 (<https://www.ufrgs.br/acienciacomoele/?page_id=6209>) (A CIÊNCIA COMO ELA É, 2023). O artigo foi publicado na seção nomeada “Vamos Testar?”. Esta seção é dedicada a divulgar atividades didáticas variadas que podem ser aplicadas na escola por professores e que estimulem a experimentação e o aprendizado dos alunos. O texto e as imagens foram editados pelos editores da revista. O artigo completo está descrito no ANEXO A.

5 DISCUSSÃO

Procuramos desenvolver neste trabalho uma prática didática que facilitasse o estudo integrado de diferentes áreas da Biologia, entre elas a Zoologia, a Fisiologia e a Evolução. Evitando introduzir e trabalhar o evolucionismo como a teoria que trata da origem humana (ZAMBERLAN E SILVA, 2009), distanciamos os alunos da distorção do tema e possibilitamos o desenvolvimento do pensamento crítico e biológico.

Entre os livros didáticos analisados que fazem parte das coleções indicadas pelo “PNLD 2021 - Obras Didáticas por Áreas do Conhecimento”, existem ótimas abordagens da fisiologia comparada, boas descrições e boas imagens. Após a análise das coleções é possível inferir que, enquanto alguns não abordam as diferentes formas e mecanismos de sobrevivência dos animais, mantendo os humanos em um círculo separado e distante, como o que percebemos nas coleções “Matéria, Energia e Vida - Uma abordagem interdisciplinar”, “Multiversos”, “Moderna PLUS”, “Diálogo” e “Lopes & Rosso”, outros livros se utilizam da interdisciplinaridade e as conexões existentes entre os seres vivos, como os livros “Saúde e Tecnologia” (THOMPSON *et al.*, 2020a) e “Vida, Saúde e Genética” (FUKUI *et al.*, 2020b)

Os livros didáticos citados acima mostram que é possível falar de evolução, mesmo quando a aula não trata especificamente das Teorias Evolutivas ou dos processos de especiação. Afinal, “A biologia sem evolução perde a sua dimensão histórica” (VIEIRA; ARAÚJO, 2021, p. 7) e deixar de lado a visão evolucionista é também deixar de lado a magnitude que é a vida, o seu surgimento e desenvolvimento constante.

A diversidade entre os seres vivos é imensa. Entre as espécies, os gêneros, os grupos, os filós, muito se fala do que diferencia os animais, o que torna cada classificação única. Diversas são também as semelhanças e características compartilhadas, a morfologia, a genética, a ecologia, a fisiologia, todas estas são evidências evolutivas. De fato, todos os conteúdos da área da biologia podem ser integrados a partir da evolução, o que facilita a compreensão das Teorias Evolutivas e da história dos seres vivos no nosso planeta (ZAMBERLAN e SILVA, 2009; VIEIRA e ARAÚJO, 2021). Desenvolver recursos didáticos que facilitem a compreensão destes conceitos é essencial para o desenvolvimento científico e social do aluno.

O plano de aula que desenvolvemos refere-se a uma atividade prática que pode ser um recurso didático interessante e eficiente para trabalhar a fisiologia da circulação dos animais com olhar evolutivo, como sugerido por Zamberlan e Silva (2009). Neste plano, sugerimos os três momentos pedagógicos de Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002). Inicialmente, foi proposta uma conversa com os alunos sobre os animais e seus sistemas circulatórios. Em turmas que utilizem um dos 4 livros que tratou de descrever a fisiologia dos animais, é de se esperar que os estudantes contribuam para a conversa com mais saberes acerca deste conteúdo. Mesmo com poucas contribuições, este é o momento de Problematização Inicial, onde evidenciamos as lacunas de aprendizagem dentro do assunto trabalhado para poder preenchê-las a seguir, como idealizado por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002).

No segundo momento pedagógico sugerido, o material didático e a dinâmica de preencher o quadro e circular pelos diferentes materiais é utilizada para Organizar o Conhecimento e compreender o conteúdo de fisiologia comparada do sistema circulatório, sendo o aluno um participante ativo do processo de ensino-aprendizagem (MORAN, 2013). No fim da aula, no terceiro momento, a Aplicação do Conhecimento é feita a partir da apresentação de cada grupo animal pelos grupos de estudantes e debate final sobre a organização dos animais. A discussão proposta no final da atividade, onde os estudantes descobrem qual grupo de animal apresenta os esquemas de circulação apresentados, reforça a questão da comparação entre os grupos e desafia os alunos no sentido de pensarem sobre a filogenia dos diferentes grupos.

Aulas expositivas são eficientes para abordar muita informação em pouco tempo, mas não tão eficientes para a melhor compreensão dos processos fisiológicos por parte dos alunos (ODENWELLER *et al.*, 1998). Fisiologia é um conteúdo considerado difícil para a maioria dos alunos em todos os níveis de estudo (MICHEL, 2007), pois envolve o conhecimento prévio de outros conteúdos, como Química, Física, Zoologia e Anatomia. O desenvolvimento de atividades práticas no processo de ensino-aprendizagem em Fisiologia Comparativa é um recurso indispensável para melhorar o desempenho dos alunos. As aulas práticas podem melhorar o aprendizado, visto que podem ser utilizadas, como a atividade didática proposta neste trabalho, para consolidar conhecimento prévio, mas também para despertar o pensamento crítico, através da contextualização no processo de

evolução das espécies. Neste sentido, a prática desenvolvida é uma sugestão de aula que poderá ser aproveitada por professores de Biologia que buscam diversificar e aprimorar suas aulas através de atividades simples e de baixo custo.

É importante ressaltar que a divulgação em canais de comunicação, como revistas *online* de livre acesso, ajuda a compartilhar ideias, soluções e, principalmente, divulgar a ciência. Este trabalho buscou desenvolver uma atividade didática acessível, tanto para construir quanto para aplicar. Esta atividade didática é uma proposta que pode ser reproduzida e testada por outros colegas e professores que possuam interesse no ensino de evolução como eixo integrador dos conteúdos biológicos. A publicação desta proposta na revista *Ciência* como ela é vem de encontro com a ideia de que o material produzido neste trabalho possa ser aproveitado por outros professores em qualquer local do Brasil.

O processo de ensino-aprendizagem centrado no aluno, por meio da utilização de metodologias ativas, torna-o responsável pela construção de seu conhecimento. Moran (2013) ressalta os benefícios da utilização de metodologias ativas, ao propor que para promover a proatividade dos alunos faz-se necessário envolvê-los em atividades cada vez mais complexas, para que se tornem responsáveis em tomadas de decisões e avaliação dos resultados, com apoio de materiais relevantes. O mesmo autor ainda aponta que alunos criativos precisam experimentar distintas possibilidades de mostrar sua iniciativa. Outros estudos na área de ensino evidenciam a necessidade do professor rever os conteúdos a serem ensinados, as metodologias de ensino e a forma de avaliação para que ocorra um aprendizado significativo (PRENSKI, 2001). Portanto, ao utilizar a metodologia ativa é proporcionado ao educando uma melhor organização dos processos educacionais, a partir de sua participação efetiva, transformando-o em sujeito ativo na construção do conhecimento contextualizado e o desenvolvimento do pensar crítico e reflexivo. (LARA *et al.*, 2014). A prática didática que desenvolvemos neste trabalho está de acordo com os autores citados, pois se enquadra nesse contexto de estudar a circulação dos animais através de metodologias ativas, com ênfase no protagonismo do aluno, estimulando a construção do conhecimento e também integrando conceitos como zoologia, fisiologia e evolução.

Outro desafio atualmente encontrado no ensino da Biologia diz respeito à falta de motivação e interesse por parte dos alunos. Esta pode ser causada por diversos motivos, sendo alguns deles a própria abordagem memorística e não

contextualizada e a passividade dos alunos frente aos assuntos trabalhados em sala de aula (BORGES *et al.*, 2016; JANN & LEITE, 2010). Acreditamos que esta atividade prática é uma boa ferramenta para despertar a curiosidade dos alunos, pois traz uma abordagem lúdica do conteúdo, desta forma, estimulando a motivação. Um fator importante que contribui para motivar os alunos a realizarem a atividade proposta neste trabalho é que eles precisam descobrir os grupos de animais através da observação dos esquemas de seus sistemas circulatórios. Por precisar preencher um quadro com características do sistema e também tentar adivinhar a qual grupo ele pertence, deixando os títulos fora do material, a curiosidade e aprendizado do aluno acerca do assunto podem ser incentivados. O material e a atividade seguem o embasamento teórico dos livros didáticos e o planejamento de aula torna o uso do material dinâmico.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Consideramos que o objetivo geral do trabalho, este sendo elaborar um plano de aula, desenvolver material didático e material de apoio sobre a evolução do Sistema Circulatório nos Animais para disponibilizar aos professores de Ciências do ensino básico, foi atingido.

Através da análise dos livros didáticos que constam no PNLD 2021, foi possível constatar que existem ótimas abordagens da fisiologia comparada, boas descrições e boas imagens no material indicado no guia. Também foi possível identificar que algumas coleções, como a Conexões e a Ser Protagonista são mais adequadas para tratar o tema em questão neste estudo, circulação dos animais, de forma mais integrada à evolução. Estas seriam as coleções indicadas para abordar esse assunto juntamente com a realização da prática proposta.

Apesar dos bons livros, a presença de aulas e atividades práticas com o apoio dos professores é essencial para facilitar o entendimento dos alunos. Engajar o aluno é importante, e para isso os professores precisam de bastante repertório e estratégias. Por esses motivos a criação e divulgação, de materiais e atividades, de ciência e conhecimentos, é essencial e renovadora para a educação. A criação do material didático dos sistemas foi muito enriquecedora, pois estimulou a pesquisa sobre cada sistema e sobre os grupos abordados. Construir o material com esponjas, espumas, tinta, cola-quente e vários tipos de linha também mexeu com a criatividade, e pode ser que alunos se interessem em não só utilizar o material, mas construir um para, por exemplo, um projeto de ciências a partir das figuras existentes nos livros didáticos.

A partir da leitura de livros didáticos, constatamos que é possível a abordagem da evolução juntamente com o estudo da Fisiologia Comparativa e que práticas como a que estamos propondo são excelentes alternativas para estimular o conhecimento, a divulgação científica, visando melhorar o processo de ensino-aprendizagem e o desenvolvimento do pensamento crítico dos alunos, colocando os mesmos como protagonistas do seu aprendizado.

Uma análise importante a ser feita é justamente a aplicação desta atividade didática em escolas, para comprovar a sua eficácia na prática, no contexto escolar. Contudo, acreditamos que o estudo da Fisiologia Comparada entre o sistema

circulatório de diferentes grupos de animais é um caminho interessante e viável para estudar a evolução biológica.

Por fim, podemos concluir que os materiais didáticos aqui elaborados produzem um avanço quanto à maneira de abordar a fisiologia comparada em relação ao que é localizado nas coleções didáticas aprovadas pelo PNLD 2021.

PERSPECTIVAS

Simultaneamente ao desenvolvimento deste trabalho, enviamos um projeto para o comitê de ética e pesquisa da UFRGS e para a Plataforma Brasil. Este projeto incluiu a testagem deste material didático em turmas de ensino médio e também em turmas de graduandos em Ciências Biológicas da UFRGS que estiverem cursando o primeiro ano da graduação. Esta testagem não foi incluída no presente trabalho, tendo em vista que o projeto ainda não foi totalmente aprovado pelo Comitê de Ética. Além disso, o calendário escolar das escolas de ensino médio e o calendário da UFRGS estão dessincronizados e, no momento em que o projeto for aprovado, os alunos estarão de férias. Desta forma, sua aplicação seria inviável para finalizar o trabalho de conclusão no semestre 2023/2. Contudo, assim que o projeto for aprovado pelo comitê de ética da UFRGS, planejamos iniciar as testagens da atividade prática e, posteriormente, publicar os resultados em revistas especializadas na área de educação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A CIÊNCIA COMO ELA É. Porto Alegre: UFRGS, n. 4, 2023. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/acienciacomoelae/?page_id=6209>. Acesso em: 13 jan. 2024

AMABIS, José M. *et al.* **Moderna PLUS:** ciências da natureza e suas tecnologias. 1. ed. São Paulo: Moderna, 2020a. (Água e vida, 2 v.)

AMABIS, José M. *et al.* **Moderna PLUS:** ciências da natureza e suas tecnologias. 1. ed. São Paulo: Moderna, 2020b. (Matéria e energia, 3 v.)

AMABIS, José M. *et al.* **Moderna PLUS:** ciências da natureza e suas tecnologias. 1. ed. São Paulo: Moderna, 2020c. (Universo e evolução, 6 v.)

ARAÚJO, Leonardo A. L. **Evolução biológica:** da pesquisa ao ensino. Porto Alegre: Editora Fi, 2017

ARAÚJO, Leonardo A. L.; VIEIRA, G. C. (Orgs.) **ENSINO DE BIOLOGIA** – uma perspectiva evolutiva. Vol. II. Biodiversidade & evolução. Porto Alegre: Instituto de Biociências da UFRGS, 2021

BRASIL. Lei nº 13.415, de 16 de fevereiro de 2017. **Portal da Legislação**, Brasília, 16 fev. 2017. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/l13415.htm>. Acesso em: 13 jan. 2024

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular.** Brasília, 2018.

BRASIL. Ministério da Educação. **Guia Digital PNLD 2021:** obras didáticas por área de conhecimento e específicas - Apresentação. Brasília, 2021a. Disponível em: <https://pnld.nees.ufal.br/assets-pnld/guias/Guia_pnld_2021_didatico_Apresentacao.pdf>. Acesso em: 9 jan. 2024

BRASIL. Ministério da Educação. **Guia Digital PNLD 2021**: obras didáticas por área de conhecimento e específicas - Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Brasília, 2021b. Disponível em:

<https://pnld.nees.ufal.br/assets-pnld/guias/Guia_pnld_2021_didatico_pnld-2021-obj_2-ciencias-natureza-suas-tecnologias.pdf>. Acesso em: 9 jan. 2024

DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José A.; PERNAMBUCO, Marta M. **Ensino de Ciências**: fundamentos e métodos. 2. ed. São Paulo: Cortez Editora, 2002.

FISCARELLI, R. B. de O. **Material didático e prática docente**. Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação, Araraquara, v. 2, n. 1, p. 31–39, 2007.

FUKUI, Ana *et al.* **Ser protagonista**: ciências da natureza e suas tecnologias: evolução, tempo e espaço: ensino médio. 1. ed. São Paulo: Edições SM, 2020a.

FUKUI, Ana *et al.* **Ser protagonista**: ciências da natureza e suas tecnologias: vida, saúde e genética: ensino médio. 1. ed. São Paulo: Edições SM, 2020b.

GODOY, Leandro P.; DELL'AGNOLO, Rosana M.; MELO, Wolney C. **Multiversos**: ciências da natureza: matéria, energia e a vida: ensino médio. 1. ed. São Paulo: FTD, 2020a.

GODOY, Leandro P.; DELL'AGNOLO, Rosana M.; MELO, Wolney C. **Multiversos**: ciências da natureza: origens: ensino médio. 1. ed. São Paulo: FTD, 2020b.

GODOY, Leandro P.; DELL'AGNOLO, Rosana M.; MELO, Wolney C. **Multiversos**: ciências da natureza: ciência, sociedade e ambiente: ensino médio. 1. ed. São Paulo: FTD, 2020c.

HILL, Richard W.; WYSE, Gordon A.; ANDERSON, Margaret. **Fisiologia animal**. Porto Alegre: ArtMed, 2015.

JANN, Priscila N.; LEITE, Maria F. **Jogo do DNA**: um instrumento Pedagógico para o Ensino de Ciências e Biologia. *Ciências & Cognição*. Rio de Janeiro, v. 15, n.1, p. 282-293, abr. 2010.

KEMBER, David. **A reconceptualisation of the research into university academic's conceptions of teaching**. *Learning and Instruction*., v. 7, n. 3, p. 255-275, 1997.

LARA, Marcus V. *et al.* **Objetos de aprendizagem como coadjuvantes do processo de ensino-aprendizagem em Fisiologia Humana**. *Revista de Ensino de Bioquímica*, v. 12, n. 1, 2014.

LOPES, Sônia; ROSSO, Sergio; CARNEVALLE, Maíra R. (Ed.). **Ciências da natureza**: Lopes & Rosso. 1. ed. São Paulo: Moderna, 2020a. (Evolução e Universo, 1 v.)

LOPES, Sônia; ROSSO, Sergio; CARNEVALLE, Maíra R. (Ed.). **Ciências da natureza**: Lopes & Rosso. 1. ed. São Paulo: Moderna, 2020b. (Poluição e Movimento, 4 v.)

LOPES, Sônia; ROSSO, Sergio; CARNEVALLE, Maíra R. (Ed.). **Ciências da natureza**: Lopes & Rosso. 1. ed. São Paulo: Moderna, 2020c. (Corpo humano e Vida saudável, 5 v.)

MICHEL, J. **What makes physiology hard for students to learn?** Results of a faculty survey. *Advances in Physiology Education*, v. 31, n. 1, p. 34-40, mar. 2007. Disponível em: <<https://journals.physiology.org/doi/full/10.1152/advan.00057.2006>>. Acesso em: 17 jan. 2024.

MODERNA (Org.); SANTOS, Kelly C. (Ed.). **DIÁLOGO**: ciências da natureza e suas tecnologias. 1. ed. São Paulo: Moderna, 2020a. (Vida na Terra: como é possível?, 2 v.)

MODERNA (Org.); SANTOS, Kelly C. (Ed.). **DIÁLOGO**: ciências da natureza e suas tecnologias. 1. ed. São Paulo: Moderna, 2020b. (Ser humano: origem e funcionamento, 5 v.)

MORAN, José. **Metodologias ativas para uma aprendizagem mais profunda**. Educatrix - Dossiê Currículo. São Paulo: Moderna, a. 7, n. 12, p. 66-69, 2013.

MORTIMER, Eduardo *et al.* **Matéria, energia e vida**: uma abordagem interdisciplinar: Evolução, biodiversidade e sustentabilidade. 1. ed. São Paulo: Scipione, 2020a.

MORTIMER, Eduardo *et al.* **Matéria, energia e vida**: uma abordagem interdisciplinar: Desafios contemporâneos das juventudes. 1. ed. São Paulo: Scipione, 2020b.

MOYES, Christopher D.; SCHULTE, Patricia M. **Princípios de fisiologia animal**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

ODENWELLER, Cynthia M.; HSU, Christopher T.; DICARLO, Stephen E. **Educational Card Games for Understanding Gastrointestinal Physiology**. Advances in Physiology Education, v. 20, n. 1, p. 78-84, 1998. Disponível em: <<https://journals.physiology.org/doi/abs/10.1152/advances.1998.275.6.S78>>. Acesso em: 17 jan. 2024.

PRENSKY, Marc. **Digital Natives, Digital Immigrants Part 1**. On the Horizon, v. 9, n. 5, p. 1-6, 2001.

RANDALL, David; BURGGREN, Warren; FRENCH, Kathleen. **Eckert - Fisiologia Animal Mecanismos e Adaptações**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria de Estado da Educação. **Referencial Curricular Gaúcho Ensino Médio**. Porto Alegre, 2021.

THOMPSON, Miguel *et al.* **Conexões**: ciências da natureza e suas tecnologias. 1. ed. São Paulo: Moderna, 2020a. (Saúde e tecnologia, 3 v.)

THOMPSON, Miguel *et al.* **Conexões**: ciências da natureza e suas tecnologias. 1. ed. São Paulo: Moderna, 2020b. (Terra e equilíbrios, 5 v.)

VIEIRA, Gilberto C.; ARAÚJO, Leonardo A. L. **ENSINO DE BIOLOGIA** – uma perspectiva evolutiva. Vol. I. Interdisciplinaridade & evolução. Porto Alegre: Instituto de Biociências da UFRGS, 2021.

ZAMBERLAN, Edmara S. J.; SILVA, Marcos R. **O evolucionismo como princípio organizador da biologia**. *Temas & Matizes*, v. 15, p. 27-41, 2009.

APÊNDICE A - Plano de Aula Prática

Plano de aula de Biologia - Atividade Prática de Fisiologia Comparada (Ensino Médio)	
Tema	Sistema Circulatório dos grupos animais
Competências específicas	Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis.
Habilidades	<p>(EM13CNT202) Analisar as diversas formas de manifestação da vida em seus diferentes níveis de organização, bem como as condições ambientais favoráveis e os fatores limitantes a elas, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros).</p> <p>(EM13CNT208) Aplicar os princípios da evolução biológica para analisar a história humana, considerando sua origem, diversificação, dispersão pelo planeta e diferentes formas de interação com a natureza, valorizando e respeitando a diversidade étnica e cultural humana.</p>
Objetivos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Analisar as evidências evolutivas fisiológicas entre os grupos de diferentes animais. 2. Explorar o material didático e a organização do sistema circulatório dos Cnidários, Crustáceos, Cefalópodes, Peixes, Anfíbios e Mamíferos. 3. Estabelecer relações evolutivas e filogenéticas entre estes animais.
Conteúdo	Fisiologia do Sistema Circulatório; Circulação nos animais.
Duração	100 minutos
Recursos didáticos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Materiais didáticos táteis do sistema circulatório 2. Quadro comparativo a ser preenchido pelos alunos

Metodologia	<ol style="list-style-type: none">1. Introdução do assunto e debate sobre os grupos de animais e a fisiologia deles (momento de conhecer o que os alunos sabem) [20 minutos]2. Apresentação dos grupos animais que serão trabalhados (nome e imagem no quadro) [5 minutos]3. Divisão da turma em 6 grupos, distribuição dos quadros comparativos e organização das estações de cada pôster [5 minutos]4. Interação de cada grupo com os materiais, sendo 5 minutos para cada material [30 minutos]5. Sorteio de um pôster para cada grupo, onde eles irão debater e apresentar para a turma qual animal é [25 minutos]6. Conclusões, preenchimento de árvore filogenética desenhada no quadro e comentários finais [15 minutos]
Avaliação	<ul style="list-style-type: none">- Avaliação de participação a partir do preenchimento do quadro comparativo- Avaliação de apresentação do grupo animal sorteado
Referências	<ul style="list-style-type: none">- FUKUI, Ana <i>et al.</i> Ser protagonista: ciências da natureza e suas tecnologias: vida, saúde e genética: ensino médio. 1. ed. São Paulo: Edições SM, 2020- THOMPSON, Miguel <i>et al.</i> Conexões: ciências da natureza e suas tecnologias. 1. ed. São Paulo: Moderna, 2020a. (Saúde e tecnologia, 3 v.)

APÊNDICE C - Plano de Aula para Testagem de Material e Conhecimentos

Plano de aula de Biologia - Testagem de Material Didático (Ensino Médio)	
Tema	Sistema Circulatório dos grupos animais
Competências específicas	Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis.
Habilidades	<p>(EM13CNT202) Analisar as diversas formas de manifestação da vida em seus diferentes níveis de organização, bem como as condições ambientais favoráveis e os fatores limitantes a elas, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros).</p> <p>(EM13CNT208) Aplicar os princípios da evolução biológica para analisar a história humana, considerando sua origem, diversificação, dispersão pelo planeta e diferentes formas de interação com a natureza, valorizando e respeitando a diversidade étnica e cultural humana.</p>
Objetivos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Analisar as evidências evolutivas fisiológicas entre os grupos de diferentes animais. 2. Explorar o material didático e a organização do sistema circulatório dos Cnidários, Crustáceos, Cefalópodes, Peixes, Anfíbios e Mamíferos. 3. Estabelecer relações evolutivas e filogenéticas entre estes animais.
Conteúdo	Fisiologia do Sistema Circulatório; Circulação nos animais.
Duração	100 minutos
Recursos didáticos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Materiais didáticos táteis do sistema circulatório 2. Questionários impressos

	3. Quadro comparativo a ser preenchido pelos alunos
Metodologia	<ol style="list-style-type: none"> 1. Introdução e preenchimento do questionário pré-teste [15 minutos] 2. Debate sobre os grupos de animais e a fisiologia deles (momento de conhecer o que os alunos sabem)[10 minutos] 3. Apresentação dos grupos animais que serão trabalhados (nome e imagem no quadro) [5 minutos] 4. Divisão da turma em 6 grupos, distribuição dos quadros comparativos e organização das estações de cada pôster 5. Interação de cada grupo com os materiais, sendo 5 minutos para cada material [30 minutos] 6. Sorteio de um pôster para cada grupo, onde eles irão debater e apresentar para a turma qual animal é [25 minutos] 7. Conclusões e comentários finais, preenchimento do pós-teste e questionário de opinião [15 minutos]
Avaliação	<ul style="list-style-type: none"> - Avaliação de participação a partir do preenchimento do quadro comparativo - Avaliação da compreensão do conteúdo a partir do pré-teste e pós-teste
Referências	<ul style="list-style-type: none"> - FUKUI, Ana <i>et al.</i> Ser protagonista: ciências da natureza e suas tecnologias: vida, saúde e genética: ensino médio. 1. ed. São Paulo: Edições SM, 2020 - THOMPSON, Miguel <i>et al.</i> Conexões: ciências da natureza e suas tecnologias. 1. ed. São Paulo: Moderna, 2020a. (Saúde e tecnologia, 3 v.)

APÊNDICE D - Pré-Teste de Conhecimentos



Este questionário tem por objetivo avaliar o seu conhecimento sobre a fisiologia circulatória de grupos animais **PREVIAMENTE** à testagem do material didático e da atividade prática *Circulando pelo Sistema Circulatório dos Animais* realizada pela pesquisadora Catharina Plá. As respostas serão anônimas e não afetarão as suas notas nesta disciplina. Por favor, preencha as chaves com **(V)** para **VERDADEIRO** se você concorda com a afirmação, **(F)** para **FALSO** se discorda e **(N)** para **NÃO SEI**, caso não saiba.

- 1 () Todos os vertebrados possuem coração.
- 2 () Todos os invertebrados possuem coração.
- 3 () Ao longo da evolução, os sistemas circulatórios se desenvolveram de acordo com o ambiente em que o animal vivia, terrestre ou aquático.
- 4 () As brânquias são órgãos que realizam a respiração em animais aquáticos.
- 5 () Em todos os animais, os capilares estão presentes ao longo de todo o corpo e fazem trocas gasosas com os tecidos.
- 6 () Todos os animais invertebrados tem circulação aberta.
- 7 () Animais invertebrados e vertebrados precisam de oxigênio para fazer a respiração celular.
- 8 () Nos vertebrados, o sangue que passa no coração sempre é rico em oxigênio (arterial).
- 9 () O coração das rãs tem 4 cavidades e o sangue arterial e venoso não se mistura na passagem pelo coração.
- 10 () Não é possível encontrar características comuns nos diferentes sistemas circulatórios.

APÊNDICE E - Pós-Teste de Conhecimentos











































Este questionário tem por objetivo avaliar o seu conhecimento sobre a fisiologia circulatória de grupos animais **POSTERIORMENTE** à testagem do material didático e da atividade prática *Circulando pelo Sistema Circulatório dos Animais*. As respostas serão anônimas e não afetarão as suas notas nesta disciplina. Por favor, preencha as chaves com **(V)** para **VERDADEIRO** se você concorda com a afirmação, **(F)** para **FALSO** se discorda e **(N)** para **NÃO SEI**, caso não saiba.

- 1 () Todos os vertebrados possuem coração.
- 2 () Todos os invertebrados possuem coração.
- 3 () Ao longo da evolução, os sistemas circulatórios se desenvolveram de acordo com o ambiente em que o animal vivia, terrestre ou aquático.
- 4 () As brânquias são órgãos que realizam a respiração em animais aquáticos.
- 5 () Em todos os animais, os capilares estão presentes ao longo de todo o corpo e fazem trocas gasosas com os tecidos.
- 6 () Todos os animais invertebrados tem circulação aberta.
- 7 () Animais invertebrados e vertebrados precisam de oxigênio para fazer a respiração celular.
- 8 () Nos vertebrados, o sangue que passa no coração sempre é rico em oxigênio (arterial).
- 9 () O coração das rãs tem 4 cavidades e o sangue arterial e venoso não se mistura na passagem pelo coração.
- 10 () Não é possível encontrar características comuns nos diferentes sistemas circulatórios.

APÊNDICE F - Questionário de Opinião em Escala Likert

Este questionário tem por objetivo avaliar a sua opinião sobre a atividade prática Circulando pelo Sistema Circulatório dos Animais realizada pela pesquisadora Catharina Plá. As respostas serão anônimas e não afetarão as suas notas nesta disciplina. Por favor, avalie a dinâmica e classifique as respostas em uma escala de 1 a 5 onde: **1 (Muito Insatisfeito); 2 (Insatisfeito); 3 (Neutro); 4 (Satisfeito); 5 (Muito Satisfeito)**. Escolha **apenas uma** das opções preenchendo o questionário com um **X** em cima dos símbolos abaixo:

	Muito Insatisfeito (1)	Insatisfeito (2)	Neutro (3)	Satisfeito (4)	Muito Satisfeito (5)
1) Você gostou de participar desta atividade prática?					
2) As figuras e os materiais utilizados para a confecção dos pôsteres estavam adequados?					
3) A aula prática estava bem organizada e clara?					
4) A atividade incentivou a interação com os colegas e com as professoras?					
5) Você consegue associar o que aprendeu hoje com os conteúdos que estudou anteriormente em Biologia?					
6) Como você avalia a sua aprendizagem do conteúdo de fisiologia do sistema circulatório após a utilização do material?					
7) Como você avalia a sua aprendizagem do conteúdo de zoologia após a utilização do material?					
8) Como você avalia a sua aprendizagem do conteúdo de evolução biológica após a utilização do material?					

Gostaria de repetir esta atividade com outros grupos de animais ou outro sistema fisiológico? Se sim, deixe aqui sua sugestão:

Você recomendaria esta atividade para outros colegas?

Se preferir, deixe aqui suas sugestões, críticas e elogios:

Muito obrigada pela sua participação!

APÊNDICE G - Quadro organizador de busca nos livros didáticos

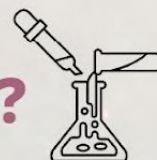
Editora	Coleção	Livro	Zoologia	Apresenta descrição da anatomia dos grupos de animais?	Apresenta imagens da circulação dos animais?	Menciona a evolução?	Fisiologia	Trata apenas da Fisiologia Humana?	Apresenta imagens da circulação dos animais?	Menciona a evolução?	Evolução	Quais as evidências evolutivas que apresenta?	Introduz como "evolução humana"?
Moderna	Diálogo	Vida na Terra: Como é possível?	X	Sim	Não durante o texto, mas aparecem algumas em um exercício de revisão (figura 3)	Sim	-	-	-	-	-	-	-
		Ser Humano: Origem e Funcionamento	-	-	-	-	X	Sim	Não	Não na parte da circulação	X	fosséis; anatomia comparada; órgãos vestigiais; desenvolvimento embrionário; moleculares	Não, capítulos separados
Moderna	Lopes & Rosso	Evolução e Universo	-	-	-	-	-	-	-	-	X	fosséis; homologia; órgãos ou partes do corpo vestigiais; moleculares; embriologia comparada	Não, evolução e surgimento dos homens em unidades separadas
		Polição e Movimento	-	-	-	-	X	Sim	Não	Não	-	-	-
		Corpo humano e Vida saudável	-	-	-	-	X	Sim, com foco no sistema linfático	Não	Não	-	-	-
Moderna	Moderna PLUS	Água e Vida	X	Sim (figura 4)	Circulação aberta (artropode) e fechada (anelídeo)	Sim	X	Apenas animal	Sim	Sim	X	Numero de tecidos embrionários; simetria; origem das cavidades corporais	Não
		Materia e Energia	-	-	-	-	X	Sim	Não	Não	-	-	Fosséis; Homologias anatomicas e fisiológicas; genética
Moderna	Conexões	Universo e Evolução	-	-	-	-	-	-	-	-	X	Fosséis; Homologias anatomicas e fisiológicas; genética	Não, capítulos separados
		Saúde e Tecnologia	X	Sim	Sim (figura 5) Circulação aberta (artropode) e fechada (anelídeo); (figura 6) circulação dos vertebrados	Não explicitamente	X	Não, apresenta a fisiologia num único capítulo, de maneira comparada	Sim	Não explicitamente	-	-	Fosséis; Anatomia comparada (homologia, analogia, vestigiais, embrio); Moleculares
Moderna	Conexões	Terra e equilíbrios	-	-	-	-	-	-	-	-	X	Fosséis; Anatomia comparada (homologia, analogia, vestigiais, embrio); Moleculares	Não, e ela se encontra em outro livro

Editora	Coleção	Livro	Zoologia	Apresenta descrição da anatomia dos grupos de animais?	Apresenta imagens da circulação dos animais?	Menciona a evolução?	Fisiologia	Trata apenas da Fisiologia Humana?	Apresenta imagens da circulação dos animais?	Menciona a evolução?	Evolução	Quais as evidências evolutivas que apresenta?	Introduz como "evolução humana"?
Scipione	Matéria, Energia e Vida - Uma abordagem interdisciplinar	Evolução, Biodiversidade e Sustentabilidade	X	Não	Não	Sim	-	-	-	-	X	Semelhanças anatômicas; coevolução; mimetismo; paleontológicas; embrionárias; história evolutiva	Não, capítulos separados
		Desafios Contemporâneos das Juventudes	-	-	-	-	X	Sim	não	Não, trata o assunto a partir da alimentação	-	-	-
FTD	Multiversos	Matéria, Energia e a Vida	-	-	-	-	X	Sim	Não	Não	-	-	-
		Origens	-	-	-	-	-	-	-	-	X	Fósseis; estudos moleculares; homologias	Não, capítulos separados
		Ciência, Sociedade e Ambiente	X	Não	Não	Não	-	-	-	-	-	-	-
SM	Ser Protagonista	Evolução, Tempo e Espaço	-	-	-	-	-	-	-	-	X	fósseis; anatomia comparada; órgãos vestigiais; embriologia comparada; bioquímica comparada;	Não
		Vida, Saúde e Genética	X	Sim (figuras 7, 8, 9 e 10)	Sim	Sim no início da Unidade, toda ela trata sobre a forma e função dos seres vivos	X	Não, apresenta a forma e funções dos seres vivos (incluindo mamíferos/humanos) em um capítulo e depois novamente apenas a fisiologia humana em outro	Sim	Não na parte de fisiologia humana	-	-	-

Fonte: autora

ANEXO A - Publicação na revista “A ciência como ela é”

Vamos testar?



45

Então, pessoal, nesta seção, trouxemos um material especialmente preparado pela **Catharina Plá** e pela **Júlia Hansen**- graduandas de Licenciatura em Ciências Biológicas/UFRGS. O trabalho foi orientado pela **Marcia Trapp**, professora do Departamento de Fisiologia/UFRGS. Todo este pessoal, colaboradores da nossa revista, fazem parte da equipe do **Saber e Saúde: a UFRGS explica**, nossos grandes parceiros na divulgação de conhecimento científico!

Vamos ver o que elas prepararam para esta edição?

Circulando pelo Sistema Circulatorio dos Animais: Atividade Prática de Fisiologia Animal e Evolução

Sem a evolução, a vida não existiria no Planeta Terra! Contudo, para os professores de Biologia, trabalhar o conceito de evolução biológica com alunos da educação básica pode ser desafiador. A seleção natural e a herança de caracteres são conceitos um tanto abstratos, visto que não são ciências que conseguimos reproduzir dentro de um laboratório com os alunos, pois são fenômenos naturais que envolvem múltiplas populações, comunidades e, principalmente, o tempo. Portanto, é muito importante desenvolver recursos didáticos que facilitem a compreensão desses conceitos. De fato, todos os conteúdos da área da biologia podem ser estudados a partir do olhar evolutivo, o que facilita a compreensão da evolução e da história dos seres vivos no nosso planeta.

Neste contexto, pensamos que o estudo comparativo da fisiologia dos animais poderia ser uma ferramenta para correlacionar aspectos da zoologia, fisiologia e evolução das espécies. A fisiologia estuda as funções dos diferentes sistemas de um organismo. Apesar de cada animal ser diferente, eles compartilham muitas semelhanças fisiológicas, o que pode ser considerado uma evidência evolutiva. Com isso em mente, elaboramos uma atividade prática que utiliza o estudo comparativo do Sistema Circulatorio dos animais como ferramenta para estudar a evolução das espécies.

O Sistema Circulatorio é responsável por distribuir oxigênio e nutrientes para os tecidos do corpo. Este sistema está presente na maioria dos animais, sendo a sua organização variada. Algumas circulações são abertas (quando o sangue entra em contato direto com os tecidos) e outras são fechadas (quando o sangue passa sempre por vasos sanguíneos). Determinados organismos possuem a

mistura do sangue arterial (“rico em O₂”) com o sangue venoso (“rico em CO₂”), enquanto outros possuem uma separação completa desses tipos de sangue. O próprio coração também aparece no Reino Animal com variações e diferenças quanto à sua estrutura e à forma de trabalhar.

Observar e aprender sobre as particularidades dos animais promove a discussão sobre a relação entre eles. Ao compararmos a circulação de um mamífero e um anfíbio, por exemplo, podemos encontrar muito mais semelhanças do que ao comparar a do mamífero com de um crustáceo. A razão para essa aproximação é, justamente, a história evolutiva dos animais.

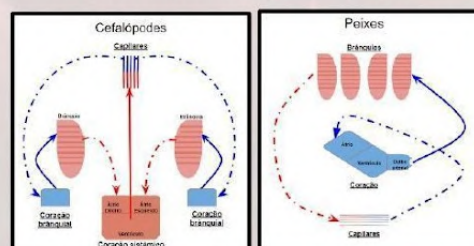
Então, para colocar em prática essa idéia, elaboramos 6 esquemas, cada um representando a circulação de um grupo de animal (Figura 1).

Figura 1. Grupos de animais sugeridos para trabalhar nesta prática de ensino.



Fonte: as autoras.

Figura 2. Exemplos de posters criados A) Cefalópodes; B) Peixes.



Fonte: as autoras.

Nas figuras de 4 a 9 estão as imagens de cada esquema com uma breve descrição da sua circulação e alguns exemplos de animais de cada grupo:

Na proposta de aula, sugerimos colar os nomes dos grupos no quadro (Figura 1) e identificar os pôsteres apenas com números. Para guiar a atividade, um quadro comparativo de características foi desenvolvido, onde os alunos devem preencher o que observam ao interagir com o material. Neste quadro, o último item é tentar adivinhar a qual grupo aquela circulação pertence. Durante a atividade, os alunos são separados em grupos e cada grupo observa os 6 pôsteres. O professor pode tirar dúvidas e auxiliar os alunos a compreenderem melhor o material e preencher o quadro. Ao fim, é sorteado para cada grupo de alunos, um dos pôsteres para apresentar aos colegas e dizer a resposta final de quem é aquele animal.

Após a apresentação de todos os grupos, podemos mostrar aos alunos uma árvore filogenética do reino animal, o que mostra que a complexidade dos sistemas segue uma direção lógica e tem relação com o ambiente em que o animal vive hoje em dia. Esta investigação exerce o ato de relacionar os grupos animais à complexidade de cada sistema circulatório. O material foi pensado para poder ser criado tanto por professores, para utilizarem como recurso em aula, quanto por alunos, para elaborarem como forma de trabalho escolar. A escolha de materiais táteis depende da criatividade de quem está elaborando, as sugestões listadas acima foram apenas as ideias que tivemos, mas outras escolhas de materiais táteis também podem ser funcionais.

Entre as diversas vantagens de se usar um material interativo, como despertar a curiosidade do aluno e promover a ludicidade, podemos também destacar a acessibilidade que é promovida ao comparar com uma imagem estática. Desenho Universal da Aprendizagem é o nome dado para práticas educacionais que sejam idealizadas desde um primeiro momento como acessíveis a todos, de maneira universal, sem a necessidade de uma adaptação futura. Seguindo esta ideia, buscamos utilizar também texturas e cores variadas para auxiliar na interpretação do material por parte do aluno.

Acreditamos que esta prática, feita com materiais acessíveis e reciclados pode ser realizada em vários ambientes de ensino de forma inclusiva e, com certeza, irá despertar a curiosidade dos alunos e facilitar o aprendizado sobre as questões evolutivas.

Leituras sugeridas

ARAÚJO, Leonardo A. L.; VIEIRA, G. C. (Orgs.) **ENSINO DE BIOLOGIA** – uma perspectiva evolutiva. Vol. II. Biodiversidade & evolução. Porto Alegre: Instituto de Biociências da UFRGS, 2021

HILL, Richard W.; WYSE, Gordon A.; ANDERSON, Margaret. **Fisiologia animal**. Porto Alegre: ArtMed, 2015.

MOYES, Christopher D.; SCHULTE, Patricia M. **Princípios de fisiologia animal**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010

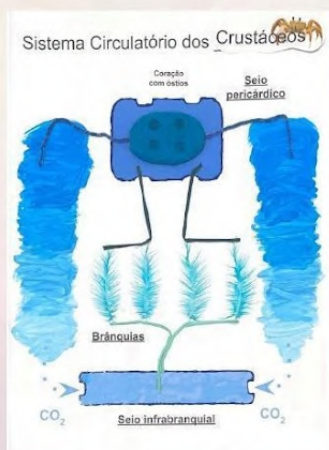
VIEIRA, Gilberto C.; ARAÚJO, Leonardo A. L. **ENSINO DE BIOLOGIA – uma perspectiva evolutiva**. Vol. I. **Interdisciplinaridade & evolução**. Porto Alegre: Instituto de Biociências da UFRGS, 2021

Figura 4: Material da circulação dos cnidários (águas vivas; anêmonas) - Por serem seres muito simples, a circulação dos seus nutrientes é feita pela própria água do mar.



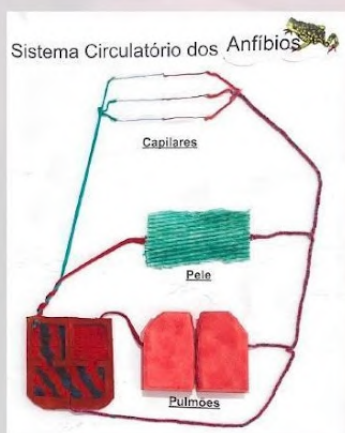
Fonte: as autoras.

Figura 5: Material com o sistema circulatório dos crustáceos (caranguejos; siris; lagostas) - Este grupo possui uma circulação aberta, onde o sangue, chamado de hemolinfa, entra em contato direto com os tecidos, além de não ter cor vermelha e sim azul.



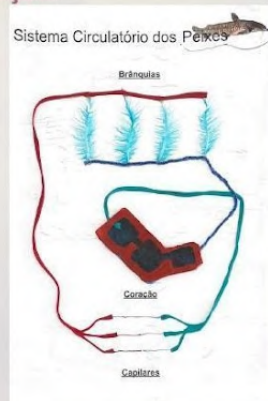
Fonte: as autoras.

Figura 6: Material da circulação dos anfíbios (sapos; rãs) - Fazem a sua respiração pelo pulmão e pela pele. O sangue é misturado e tem dupla circulação.



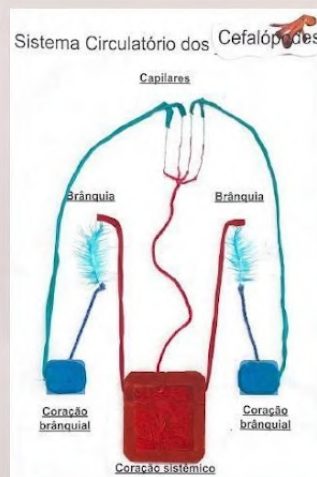
Fonte: as autoras.

Figura 7: Material do sistema circulatório dos peixes (tubarões; raias; peixes) - Circulação fechada, todo o sangue corre em vasos, e passando uma única vez no coração.



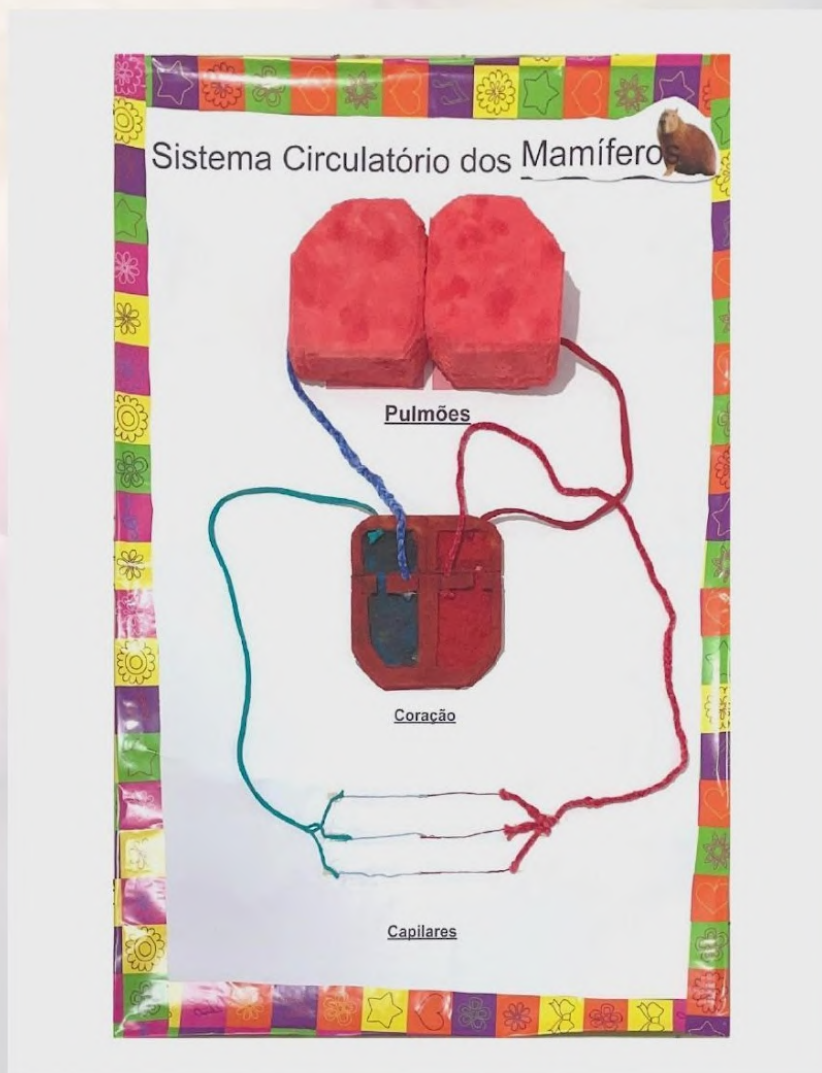
Fonte: as autoras.

Figura 8: Material da circulação dos cefalópodes (lulas; polvos) - Estes animais invertebrados apresentam uma circulação fechada, sem mistura e com 3 corações, dois brânquias e um sistêmico.

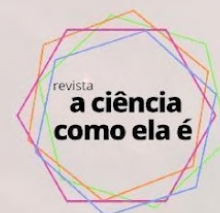


Fonte: as autoras.

Figura 9: Sistema circulatório dos mamíferos (humanos; felinos; roedores) - Circulação sem mistura de sangue arterial e venoso devido às quatro cavidades do coração, que impedem a mistura. Ele passa duas vezes pelo coração, sendo então uma circulação dupla e fechada.



Fonte: as autoras.



A CIÊNCIA COMO ELA É. Porto Alegre: UFRGS, n. 4, 2023. Disponível em:
https://www.ufrgs.br/acienciacomoelae/?page_id=6209. Acesso em: 13 jan. 2024