

Modelos didáticos como facilitadores do processo de ensino-aprendizagem do sistema cardiovascular dos vertebrados

Thiago Henrique S. dos Santos Gomes¹ e Débora de Aguiar Lage²

Escola Técnica Estadual Ferreira Viana (Faetec), Rio de Janeiro, Brasil.

²Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil. E-mails: thiagohssgomes@yahoo.com.br; deboralage.uerj@gmail.com.

Resumo: O estudo da anatomofisiologia comparada dos vertebrados possibilita não apenas analisar as diferenças entre os grupos, mas também compreender as adaptações evolutivas determinantes para esses animais. Entretanto, esse conteúdo costuma ser negligenciado por grande parte dos professores da educação básica que priorizam a fisiologia humana, seja pela falta de tempo ou de instrumentos facilitadores da aprendizagem. Modelos didáticos destacam-se por oportunizarem ao educando o contato direto com o objeto de estudo, muitas vezes abstrato ou de grande complexidade. Esta pesquisa, de caráter qualitativo, teve como intuito favorecer a compreensão dos estudantes sobre a anatomofisiologia do sistema cardiovascular dos vertebrados a partir da confecção de modelos didáticos. Modelos de coração dos principais grupos de vertebrados foram elaborados contendo fitas digitais de LED para simular o fluxo sanguíneo. Após validação por professores do ensino médio, os modelos produzidos foram aplicados em sala de aula e avaliados por estudantes que confirmaram a importância desse recurso na compreensão do conteúdo. Os resultados mostraram que os modelos didáticos confeccionados favoreceram o processo de ensino-aprendizagem do sistema cardiovascular dos vertebrados, sendo capazes de motivar os educandos na construção de novos conhecimentos.

Palavras-chave: anatomofisiologia comparada, recurso didático, modelização, coração.

Title: Didactic models as facilitators of the teaching-learning process of the cardiovascular system of vertebrates

Abstract: The study of the comparative anatomophysiology of vertebrates enabled not only the analysis of the differences between vertebrate groups, but also the understanding of determinant evolutionary adaptations of these animals. This content is usually neglected by most high school teachers, who prioritize human physiology, either due to lack of time or tools that facilitate learning. Didactic models stand out for providing a direct contact with the object of study which is commonly considered as an abstract content or of great complexity. This qualitative research aimed to promote students' understanding of the anatomophysiology of the cardiovascular system of vertebrates based on the making of didactic models. Heart models of the main groups of vertebrates were created using digital LED strips to simulate blood flow. After validation by high school teachers, the models produced were applied in the classroom and evaluated

by the students that confirmed the importance of the resource in understanding the content. Results revealed that the didactic models favored the teaching-learning process of the cardiovascular system of vertebrates, being able to motivate students in the construction of new knowledge.

Keywords: comparative anatomophysiology, didactic resource, modeling, heart.

Introdução

Na educação básica, a anatomia e fisiologia animal são conteúdos contemplados no segundo ano do ensino médio e que devem ser abordados de forma comparada, com ênfase na fisiologia humana, conforme as orientações dos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio - PCNEM (Brasil, 2000). Contudo, devido à grande extensão do conteúdo de biologia dessa série, aliado à falta de tempo em sala de aula, a fisiologia comparada muitas vezes acaba por não ser trabalhada pelos professores, que se limitam ao ensino da fisiologia humana.

A abordagem sobre a anatomofisiologia comparada dos sistemas biológicos, favorece a compreensão dos processos evolutivos que atuaram nos diferentes grupos de animais, sobretudo dentre os vertebrados, facilitando, portanto, a correlação do parentesco evolutivo entre esses grupos (Pough, Janis e Heiser, 2008). Dessa forma, é possível evidenciar a perda e/ ou o aumento da complexidade de determinadas estruturas anatômicas, bem como o surgimento de novas estratégias adaptativas nos diferentes grupos de vertebrados. Pode-se inclusive correlacionar a contribuição destas novidades evolutivas com a distribuição geográfica dos vertebrados, com destaque para as aves e os mamíferos, capazes de sobreviver aos mais diversos tipos de ambientes do nosso planeta (Amabis e Martho, 2013).

Apesar da relevância da anatomofisiologia, o seu processo de ensino-aprendizagem tem enfrentado alguns problemas, visto que muitos alunos e professores têm reportado dificuldades na compreensão deste conteúdo (Canepa, Salzbron, Moraes, Delmonico, Cruz, Lima, Lopes, Mesquita, Rocha, Ribeiro, Borges e Heimbecher, 2012). Segundo Alves, Menezes, Barros, Borges e Mello-Carpes (2011), o conhecimento sobre a localização e o nome de diferentes estruturas e órgãos constituem os principais empecilhos para o entendimento dos estudantes sobre o funcionamento integrado de um organismo com a cooperação de todos os sistemas.

Neste contexto, considerando a necessidade do emprego de novas estratégias pedagógicas para superar tais desafios, acredita-se que a produção de modelos didáticos pode favorecer o processo de ensino-aprendizagem do sistema cardiovascular dos vertebrados, motivando os estudantes e facilitando a apropriação de conceitos.

Fundamentação teórica

O ensino de biologia precisa, sobretudo, se orientar no desenvolvimento de competências que permitam ao aluno não somente lidar com as informações, mas também compreendê-las, elaborá-las, refutá-las, para

que seja possível torná-lo um sujeito autônomo, crítico e que saiba fazer uso dos conhecimentos adquiridos (Pimentel, Oliveira e Maciel, 2017). No entanto, estudos têm mostrado a falta de interesse, a indisciplina e a consequente dificuldade de aprendizagem dos alunos, geralmente associados à prevalência do ensino tradicional e à falta de inovação nas aulas de biologia (Bezerra, Soares e Marques, 2017; Vieira, Oliveira, Santos, Dias e Guimarães, 2017).

Esse cenário de apatia e indiferença dos estudantes é fomentado pela extensa composição curricular da disciplina de biologia para o ensino médio, com conceitos, nomenclaturas e fenômenos que podem ser de difícil compreensão (Mathias e Amaral, 2010). Somado a isso, o quadro e o livro didático continuam sendo os recursos pedagógicos mais utilizados pelos professores da área (Theodoro, Costa e Almeida, 2015), apesar desses instrumentos não atingirem satisfatoriamente aos objetivos propostos pela disciplina, a qual demanda de ilustrações para favorecer a aprendizagem (Silva, Moraes e Cunha, 2011).

Nessa perspectiva, estudos têm mostrado a importância do emprego de estratégias didáticas diversificadas em sala de aula – recursos audiovisuais (Gonçalves, Maciel e Barros, 2016), modelos didáticos (Perini e Rossini, 2018), aulas práticas (Bassoli, 2014) e saídas de campo (Viveiro e Diniz, 2009) - capazes de despertar o interesse dos estudantes, tornar a aula mais dinâmica e favorecer a construção do conhecimento científico de forma mais significativa para o aluno (Souza e Faria, 2011; Almeida, Lopes e Lopes, 2015; Nicola e Paniz, 2016).

A aprendizagem significativa, conceito proposto por David Ausubel, consiste em “processo através do qual uma nova informação (um novo conhecimento) se relaciona de maneira não arbitrária e substantiva (não-litera) à estrutura cognitiva do aprendiz” (Moreira, 2011, p. 26). Esse tipo de aprendizagem parece possuir grandes benefícios em relação ao ensino tradicional, tanto na estrutura cognitiva do aluno, como na lembrança posterior e na aquisição de novos conhecimentos, sendo, portanto, a aprendizagem mais adequada para ser promovida no âmbito escolar. Pelizzari, Kriegl, Baron, Finck e Dorocinski (2002), afirmam que a aprendizagem significativa possui três vantagens quando comparada à aprendizagem clássica e memorística: (1) o conhecimento é retido e lembrado por mais tempo; (2) maior capacidade de aprender outros conteúdos; e (3) maior facilidade em reaprender o que foi esquecido.

No entanto, embora sejam diferentes, as aprendizagens mecânicas e significativas não constituem uma oposição entre si, mas um *continuum*. Durante o processo de ensino-aprendizagem, ambas podem estar presentes, em situações que, ora se aproximam mais de uma, ora de outra (Souza, 2011). Em outras palavras, quando o aluno é apresentado a um novo conhecimento, e este tem pouca relação com seus conhecimentos prévios, ele poderá memorizar uma série de significados, armazenando-os de forma literal. Porém, conforme for interagindo com este novo conhecimento, irá organizando-o de modo inerente ao processo de aprendizagem significativa (Lemos, 2005).

Segundo Alves, Falcão, Souza, Amaral, Lima e Carvalho (2016), o processo educativo requer uma aprendizagem significativa que contemple a

aprendizagem de conceitos, de modo que, o conteúdo escolar seja transposto para contextos relevantes, que valorizem os conhecimentos prévios dos estudantes, permitindo-os estabelecerem relações entre a nova informação e o conhecimento já consolidado cognitivamente. Deste modo, ao buscarem a construção de mapas mentais e conceituais, os alunos serão capazes de descobrir e redescobrir conhecimentos, caracterizando, assim, uma aprendizagem eficaz (Pelizzari, Kriegl, Baron, Finck e Dorocinski, 2002).

Farias, Martin e Cristo (2015) destacam ainda que para que se alcance o sucesso no processo de ensino-aprendizagem, é fundamental que o professor ofereça ferramentas que possibilitem a construção de um ensino em que os estudantes sejam protagonistas do seu aprendizado. Nesse sentido, “planejar uma aula potencialmente significativa, é em primeira análise, buscar formas criativas e estimuladoras de desafiar as estruturas conceituais dos alunos” (Santos, 2006, p. 3). Este é o principal desafio do educador: tornar as atividades didáticas mais dinâmicas e atrativas, para que os alunos possam construir seus próprios caminhos na construção de conhecimentos.

Nesse sentido, devido ao caráter microscópico, abstrato e complexo de muitos conteúdos, a modelização apresenta-se como uma ferramenta de grande valor na área das Ciências Naturais, favorecendo a transposição didática e contribuindo para a construção do conhecimento do educando (Duso, Pereira, Clement e Alves Filho, 2013; Rocha, Moretti, Costa e Costa, 2015; Moul e Silva, 2017). No ensino de Biologia, os modelos complementam as aulas teóricas e auxiliam no desenvolvimento de competências de aprendizagem, permitindo uma abordagem mais simples de assuntos complexos, como morfologia e anatomia (Almeida, Lopes e Lopes, 2015; Silva-Filha, Silva e Freitas, 2016).

Modelos didáticos podem ser considerados um sistema figurativo reproduzido de forma esquematizada e concreta que simbolizam um conjunto de fatos, através de uma estrutura que facilita a compreensão do estudante, pois permite que seja comparada com a realidade (Justina e Ferla, 2006). Segundo Larentis, Malacarne e Sereia (2010), o uso deste recurso permite ao estudante analisar, observar, sentir com as próprias mãos, construir um repertório de imagens mentais sobre um conteúdo que seria meramente imaginário, podendo conter erros conceituais.

Existem diversos tipos modelos didáticos disponíveis para compra no mercado, de diferentes áreas do conhecimento e constituídos dos mais diversos materiais, desde os mais simples até os mais sofisticados. Entretanto, conforme destacou Ceccantini (2006, p. 335), “a compra de modelos sofisticados não está ao alcance de todas as escolas, mas a confecção de modelos alternativos com certeza está, pois envolve apenas determinação e criatividade [...]”. Sendo assim, é preferível que o professor produza seu próprio material, pois assim ele analisa e planeja sua prática docente, procurando alternativas para construir um aprendizado mais edificante ao refletir sobre os aspectos do processo de ensino-aprendizagem (Borges, 2000).

Metodologia

Caracterização da pesquisa

O presente estudo resulta de uma pesquisa com abordagem qualitativa, que buscou a produção de modelos didáticos e sua avaliação por docentes da educação básica e por estudantes do ensino médio. Este tipo de abordagem visa investigar os dados em seus significados e, por isso, depende da interação entre o professor e o objeto de estudo (Minayo, 2012).

Os dados dos docentes e discentes envolvidos na pesquisa foram coletados por meio de questões fechadas elaboradas utilizando uma escala Likert (1932), considerado o método mais adequado quando se pretende mensurar atitudes e opiniões do público-alvo (Amaro, Póvoa e Macedo, 2005). Desta forma, os inqueridos declararam seu grau de concordância para um conjunto de afirmações relacionadas à sua definição, devendo responder: discordo totalmente (DT), discordo parcialmente (DP), indiferente (I), concordo parcialmente (CP) ou concordo totalmente (CT). Neste caso, a opção pelo emprego de uma escala de cinco pontos ocorreu devido a esta se mostrar mais eficiente quanto à facilidade, velocidade e precisão de resposta, quando comparada a escala de três ou sete pontos (Vieira e Dalmoro, 2013).

Campo de estudo

A pesquisa foi desenvolvida com estudantes do segundo ano do ensino médio, integrantes de duas turmas da Escola Técnica Estadual Ferreira Viana (Faetec), localizada no bairro do Maracanã, Rio de Janeiro - RJ.

O conjunto de princípios éticos e regras referentes à pesquisa com seres humanos no Brasil foi atendido nesta pesquisa, a qual foi submetida e aprovada pela Comissão de Ética em Pesquisa da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (Parecer nº 2.790.376).

Produção dos modelos didáticos

A fim de produzir modelos didáticos para o ensino da circulação comparada dos vertebrados, foram elaborados diferentes modelos de coração para representar o clado de peixes (Chondrichthyes e Osteichthyes), anfíbios (Amphibia), répteis (Reptilia), aves (Aves) e mamíferos (Mammalia). Desse modo, foram confeccionados o coração: (a) bicavitário dos peixes para a representação da circulação simples; (b) tricavitário dos anfíbios; (c) tetracavitário com septo interventricular incompleto da maioria dos répteis, para exemplificar a circulação dupla e incompleta; e (d) tetracavitário observado nas aves e nos mamíferos, caracterizando a circulação dupla e completa. Não foi produzido o coração dos répteis crocilianos devido à complexidade da circulação sanguínea no Forame de Panizza.

A confecção dos modelos didáticos foi baseada na metodologia proposta nos vídeos "Maqueta del corazón Partes 1 e 2, disponíveis no canal do autor Emmanuel Cortés (www.youtube.com/c/emmanuelcortesmayyel). Contudo, os moldes para a produção dos diferentes tipos de coração foram elaborados com base em imagens obtidas em livros didáticos do ensino médio (cf. Linhares e Gewandszajder, 2013; Lopes e Rosso, 2014). Os

modelos de coração foram elaborados utilizando materiais de fácil aquisição e baixo custo como papel paraná, espuma vinílica acetinada (EVA) de coloração rosa, vermelha e azul, cola bastão, tinta acrílica vermelha e azul, pincel, cola quente, tesoura e estilete.

Aos modelos prontos, foram inseridas duas fitas com iluminação digital de LED (*Light Emitting Diode*) do tipo 6803 *digital* RGB (*Red-Green-Blue*), uma na cor azul e outra em vermelho. Estas fitas percorreram as câmaras cardíacas, simulando o fluxo sanguíneo venoso e arterial que circula no interior do coração. Para a finalização dos modelos do sistema cardiovascular, as palavras "brânquias" e "corpo" e "pulmões" e "corpo", posicionadas em extremidades opostas, foram impressas em folha de papel A3 e coladas em uma placa de isopor de mesmo tamanho (30 x 42 cm). Após a fixação dos modelos de coração no centro da placa, foram realizadas pequenas perfurações nas laterais dessas palavras, para a passagem das fitas de LED, que foram fixadas no verso da placa de isopor.

Validação dos modelos didáticos por professores do ensino básico

Os modelos didáticos do sistema cardiovascular dos vertebrados foram validados por 28 professores do ensino médio da rede pública estadual do Rio de Janeiro, integrantes do Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Biologia (PROFBIO). Os docentes que aceitaram participar do estudo assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), autorizando a utilização dos dados obtidos.

A validação dos modelos foi conduzida a partir de um questionário não identificado, contendo perguntas fechadas em escala *Likert* e uma pergunta aberta onde os docentes puderam colocar suas eventuais críticas e/ou sugestões para aprimorar o material. As respostas referentes à questão aberta foram investigadas de acordo com a análise de conteúdo proposta por Bardin (2011), onde após exploração e interpretação dos resultados, os dados obtidos foram categorizados a fim de permitir uma descrição exata das características pertinentes do conteúdo.

No momento da validação, o professor-pesquisador realizou uma breve explanação sobre a pesquisa e apresentou o material didático elaborado. Após a análise dos modelos, os docentes receberam o questionário para avaliação do material. A atividade de apresentação e avaliação dos modelos didáticos durou aproximadamente 60 minutos.

Aplicação dos modelos didáticos

Os modelos didáticos produzidos foram aplicados para estudantes do segundo ano do ensino médio durante as aulas regulares de Biologia. Inicialmente, os discentes participaram de uma aula dialógica acerca da anatomofisiologia do sistema cardiovascular dos vertebrados, conduzida pelo professor-pesquisador, utilizando como único recurso pedagógico os modelos didáticos previamente elaborados e avaliados. Desse modo, a partir dos modelos confeccionados, o professor regente pode mostrar as diferenças morfológicas entre os corações dos vertebrados, a importância da dupla circulação, bem como relacionar a ausência de mistura de sangue arterial e venoso com a regulação da temperatura, observada nas aves e nos mamíferos.

A aula foi conduzida de modo dialógico e investigativo, onde o professor - pesquisador atuou fazendo uma série de indagações, estimulando a curiosidade e a reflexão dos estudantes acerca das mudanças cardíacas observadas nos diferentes grupos de vertebrados e nas implicações dessas alterações na adaptação das espécies. A atividade com os estudantes durou cerca de 80 minutos.

Avaliação dos modelos didáticos pelos estudantes

A eficiência dos modelos didáticos na compreensão sobre a anatomofisiologia do sistema cardiovascular dos vertebrados durante a aula de Biologia foi avaliada pelos estudantes que participaram da atividade. A avaliação dos modelos como recurso didático foi realizada a partir de um questionário anônimo, contendo perguntas fechadas elaboradas a partir de uma escala *Likert*.

A participação dos estudantes na avaliação dos modelos foi voluntária. Neste caso, os responsáveis forneceram autorização para utilização dos dados coletados a partir da assinatura do TCLE com informações sobre a pesquisa, enquanto o aluno autorizado pelo seu responsável assinou um Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE), contendo esclarecimentos sobre a importância de sua participação na pesquisa.

Ao todo, 48 estudantes entregaram os termos preenchidos autorizando a coleta e utilização dos dados. Todos os estudantes responderam ao questionário em cerca de 20 minutos.

Resultados e discussão

Produção dos modelos didáticos

Foram produzidos quatro modelos de coração, em corte longitudinal, para que os estudantes pudessem visualizar o fluxo de sangue que percorre as câmaras cardíacas. Todos os modelos apresentaram o mesmo padrão de construção, o qual consistia de uma base e uma tampa vazada, que caracterizava o número de câmaras cardíacas daquele coração. Nesse sentido, foram elaborados três moldes da base e quatro tampas diferentes, uma vez que os corações dos anfíbios e dos répteis não-crocodilianos tinham tampas diferentes, as quais adaptavam-se a uma mesma base.

Com o auxílio de uma tesoura, os moldes da base dos corações foram recortados e colados no papel paraná, que em seguida foi cortado com um estilete no contorno do coração presente no molde. As câmaras cardíacas foram pintadas de azul e/ou vermelho, representando o sangue venoso e arterial, respectivamente, conforme o tipo de coração elaborado. A exceção ocorreu na base do coração bicavitário, que foi pintada totalmente de azul, uma vez que no coração dos peixes só há a passagem de sangue venoso. Na base única dos corações tricavitário (anfíbios) e tetracavitário com septo interventricular incompleto (répteis não-crocodilianos) uma parte da região ventricular foi pintada de roxo, a fim de representar a pequena mistura de sangue entre os ventrículos do coração da maioria dos répteis. Todos os modelos da base do coração foram circundados por tiras de 2,5 cm de largura de EVA de coloração rosa (Figura 1 A-C).

Com o auxílio de tesoura e estilete, os moldes das tampas dos corações foram recortados e utilizados como modelos para a produção destas peças

em espuma EVA de cor rosa. O coração tricavitário referente ao grupo dos anfíbios continha uma peça a mais, um molde de ventrículo único, o qual foi produzido em espuma EVA lilás, para representar a mistura de sangue arterial e venoso.

As peças do molde referentes às veias e às artérias foram recortadas e utilizadas como modelos para a produção destes vasos em espuma EVA vermelha (veias pulmonares e artéria aorta) e azul (veias cavas e artéria pulmonar). Para os modelos de tampas do coração tricavitário (anfíbios) e tetracavitário com septo interventricular incompleto (répteis não-crocodilianos), foi confeccionado um molde em espuma EVA lilás para representar o tronco arterial que sai do ventrículo com o sangue venoso e arterial misturados.

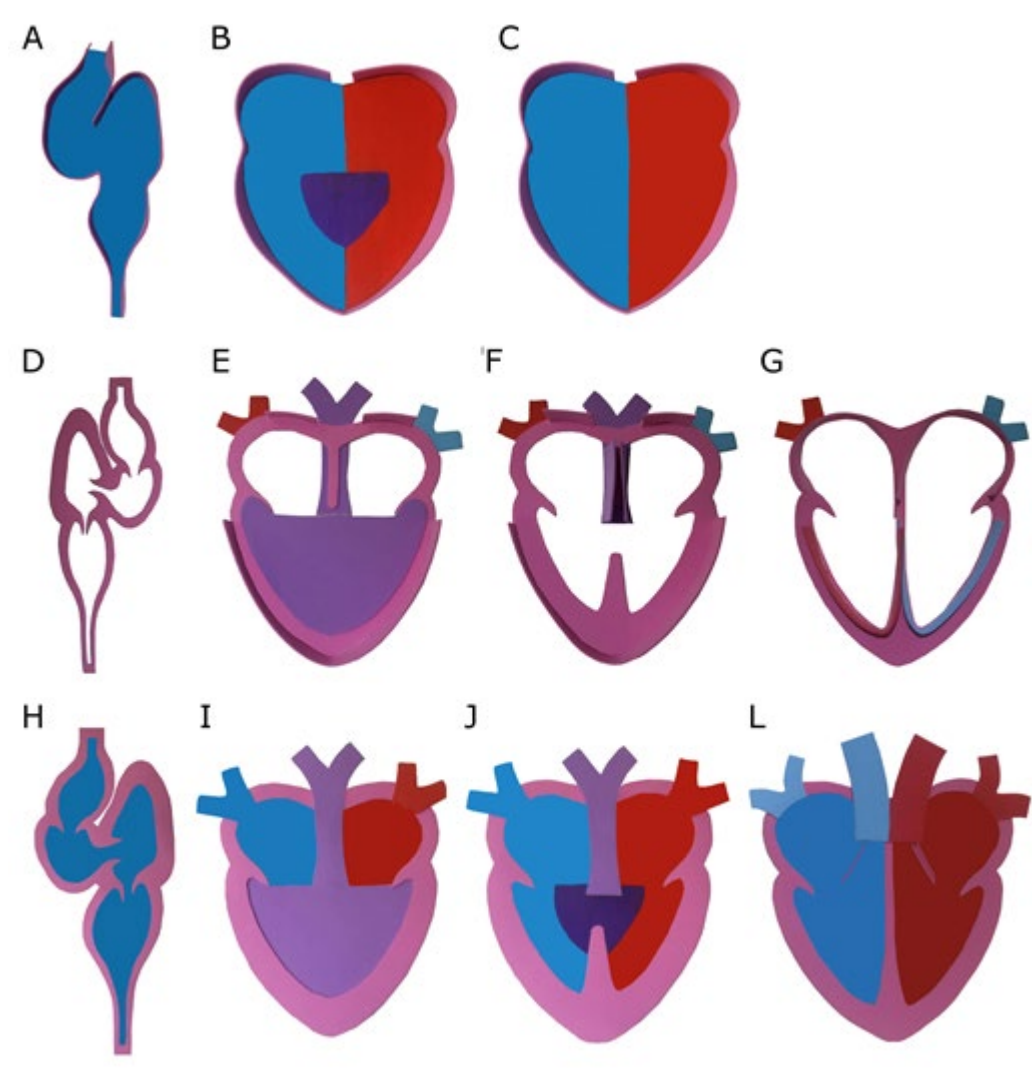


Figura 1.- Produção e montagem dos modelos de coração dos vertebrados. A – C: base dos corações; D – G: tampa dos corações; H – L: Modelos completos dos corações.

Na parte detrás das tampas dos modelos de coração tricavitário e tetracavitário, o átrio e o ventrículo direito foram circundados com tiras de 2 cm de largura de EVA azul, enquanto o átrio e o ventrículo esquerdo

foram envolvidos com tiras de mesma largura, porém utilizando EVA de cor vermelha. Tiras de 2 cm de largura de espuma EVA de coloração rosa foram utilizadas para delimitar a parede dos átrios. Todas as tiras de EVA foram colocadas utilizando cola quente (Figura 1 D-G). Com ambas as partes prontas, as tampas do coração bicavitário e tetracavitário foram colocadas sobre a sua respectiva base e fixadas com cola quente. As tampas do coração dos anfíbios e dos répteis não-crocilianos não foram fixadas, uma vez que estas apresentavam uma base única. Os modelos completos dos diferentes tipos de coração estão ilustrados na Figura 1 (H-L).

Cada coração foi fixado em uma placa de isopor, previamente coberta com folha de papel A3 indicando os principais locais de trocas gasosas, para a passagem e fixação das fitas LED. Na maioria dos modelos, a fita de LED vermelho, representando o sangue arterial, sai do órgão respiratório (pulmões) e retorna ao coração para ser bombeado para os demais tecidos do corpo pela artéria aorta. Porém, na circulação simples dos peixes, após passar pelas brânquias, o sangue arterial vai direto oxigenar as células do corpo. A fita de LED azul, representando o sangue venoso, sai do corpo, independentemente do grupo de vertebrado. Nos peixes, esse sangue desoxigenado é conduzido diretamente para as brânquias, enquanto nos demais grupos, o sangue venoso é conduzido para o átrio direito, passa para o ventrículo direito, chegando aos pulmões pela artéria pulmonar. Desse modo, ao ligar as fitas de LED foi possível visualizar a circulação simples dos peixes e a circulação dupla (pequena e grande circulação) dos anfíbios, répteis, aves e mamíferos. Para caracterizar a mistura de sangue que ocorre nos anfíbios e répteis, pequenos adesivos de coloração lilás foram colados sobre as fitas de LED (vermelha e azul) que saíam do(s) ventrículo(s) para o tronco arterial.

Para facilitar o transporte dos modelos didáticos, as três placas de isopor com os modelos prontos foram fixadas em uma placa de isopor maior (45 x 100 cm) coberta com cartolina preta. Para finalizar, os nomes dos grupos de vertebrados foram impressos e colados abaixo do seu respectivo modelo do sistema cardiovascular (Figura 2). O depósito de pedido nacional de patente dos modelos didáticos foi realizado no Instituto Nacional de Propriedade Industrial sob o nº BR202019020426-0.

Modelos didáticos constituem representações bi ou tridimensionais de um objeto, fenômeno ou evento, que visam reduzir a abstração de conteúdos e complementar a escrita e as figuras planas presentes nos livros didáticos, atuando como facilitadores do aprendizado (Duso, Pereira, Clement e Alves Filho, 2013; Ferreira, Moura, Costa, Silva, Peron, Abreu e Pacheco, 2013; Rocha, Moretti, Costa e Costa, 2015; Moul e Silva, 2017). Assim, dentre as diversas estratégias que podem ser empregadas no processo de ensino e aprendizagem, diversos autores apontam a utilização de modelos didáticos como ferramentas capazes de sensibilizar e aproximar os estudantes do conteúdo estudado (Olmo, Marinato, Gadioli e Silva, 2014; Lima, 2017; Queiroz, Souza, Silva e Malafaia, 2018).

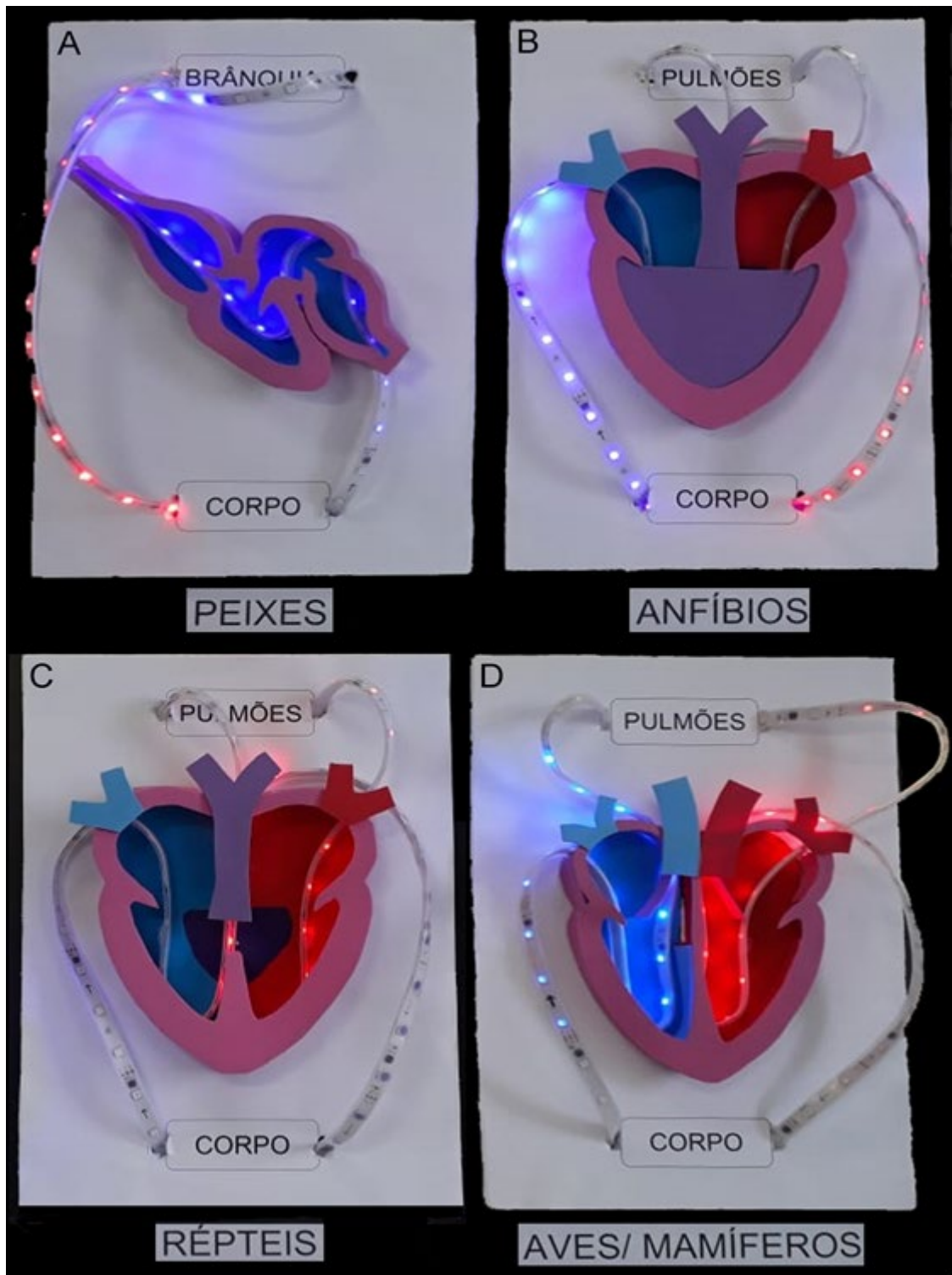


Figura 2.- Modelos do sistema cardiovascular dos vertebrados. A - Peixes; B - Anfíbios; C - Répteis; D - Aves e Mamíferos.

No presente estudo, modelos didáticos do sistema cardiovascular dos vertebrados foram elaborados com EVA e fitas LED RGB, a fim de facilitar a compreensão sobre a complexidade cardíaca e a circulação sanguínea desses animais. Para Silva e Morbeck (2019), a criatividade aliada ao uso de materiais de baixo custo faz com que os modelos didáticos sejam uma alternativa pedagógica simples, capazes de fomentar o conhecimento

científico de forma mais lúdica. Neste caso, o material produzido constitui um recurso provavelmente inédito, uma vez que não foi encontrado na literatura nenhum registro sobre a produção de um modelo didático que abordasse a circulação comparada dos vertebrados, sendo reportado somente modelos envolvendo o sistema circulatório humano (Caneppa, Salzbron, Moraes, Delmonico, Cruz, Lima, Lopes, Mesquita, Rocha, Ribeiro, Borges e Heimbecher, 2012; Alves, 2014; Tamada, Meira, Schadeck e Mendonça, 2014).

Segundo Pough, Janis e Heiser (2008), o estudo da anatomofisiologia comparada possibilita a construção de uma visão evolutiva dos vertebrados, sendo por isso, fundamental para o entendimento das diferentes estratégias adaptativas observadas nesses animais. Contudo, apesar das antigas orientações curriculares (PCNEM) enfatizarem a importância dessa abordagem comparativa (Brasil, 2000), a atual BNCC propõe um enfoque na fisiologia humana (Brasil, 2018).

Validação dos modelos didáticos pelos professores

A validação dos modelos didáticos pelos professores participantes do PROFBIO ocorreu pela facilidade do contato com uma grande quantidade de professores de Biologia em um único encontro, o que favoreceu a amostragem e enriqueceu os resultados. Adicionalmente, pode-se inferir que o fato de serem docentes da educação básica comprometidos em aprimorar sua prática pedagógica, pode ter fomentado uma análise mais crítica do material elaborado.

Os resultados positivos observados neste primeiro bloco de afirmativas indicaram a importância desta estratégia didática no ensino básico e que os modelos possuem potencial para contribuir positivamente, não só na abordagem acerca do conteúdo estudado, mas também como uma ferramenta facilitadora da aprendizagem no ambiente escolar. Entretanto, alguns docentes discordaram parcialmente sobre a reprodutibilidade do material e do interesse em utilizá-lo em sala de aula (Tabela 1).

Ao estimularem nos estudantes a construção de modelos conceituais, os modelos didáticos favorecem a compreensão de conceitos científicos, constituindo importantes recursos na prática docente (Almeida, 2017; Moul e Silva, 2017; Silva, Silva e Silva, 2018). Entretanto, alguns docentes discordaram parcialmente de o fato dos modelos poderem ser reproduzidos e despertarem interesse de outros docentes. Neste caso, é possível sugerir que, no momento da avaliação do material, o fato dos docentes não terem em mãos os moldes para a produção dos modelos, pode ter influenciado na resposta à afirmativa. Além disso, em relação à discordância parcial de um docente sobre o interesse dos professores em utilizar os modelos, pode-se sugerir que este considere outras ferramentas didáticas mais interessantes, como recursos audiovisuais (Theodoro, Costa, Almeida, 2015).

Castoldi e Polinarski (2009, p. 685), afirmam que “[...] a maioria dos professores tem uma tendência em adotar métodos tradicionais de ensino, por medo de inovar ou mesmo pela inércia, há muito estabelecida, em nosso sistema educacional”. Contudo, o emprego de novas metodologias muitas vezes está relacionado à falta de tempo, o custo-benefício, além de

ausência de habilidade com os novos recursos pedagógicos (Silva e Morbeck, 2019).

Afirmativas sobre o uso dos modelos didáticos		Porcentagem de respostas*				
		DT	DP	I	CP	CT
1. Em relação aos modelos didáticos confeccionados sobre o sistema cardiovascular dos vertebrados, pode-se dizer que:	A proposta do material didático foi atendida.					100
	O tema é relevante para a educação básica.					100
	Os modelos produzidos favorecem a prática docente.				4	96
	O material pode ser reproduzido por outros docentes.		11		36	54
	O uso deste material seria de interesse de grande parte dos docentes da educação básica.		4		18	79
2. Os modelos didáticos do sistema cardiovascular dos vertebrados permitem aos estudantes a melhor compreensão:	Do trajeto do sangue através dos principais vasos sanguíneos.				11	89
	Da hematose nos diferentes órgãos respiratórios dos vertebrados.	4			46	50
	Do aumento gradativo da complexidade cardíaca dos vertebrados.				18	82
	Da mistura ou não de sangue arterial e venoso no coração.				21	79
	Do aumento da complexidade cardíaca em relação à redução da mistura de sangue nos vertebrados terrestres.				14	86
3. Ao serem aplicados em sala de aula, os modelos didáticos confeccionados poderão favorecer a aprendizagem do conteúdo ao permitir que os estudantes:	Visualizem uma simulação do funcionamento do sistema cardiovascular dos vertebrados.		4		7	89
	Explore o objeto da aula de forma concreta.				11	89
	Interajam mais com o professor e entre si sobre o conteúdo estudado.			7	25	68

Tabela 1.- Avaliação dos modelos didáticos por professores do ensino médio.
*DT= discordo totalmente; DP= discordo parcialmente; I= indiferente; CP= concordo parcialmente; CT= concordo totalmente.

A análise dos dados do segundo grupo de afirmativas revelou que os docentes acreditam no potencial da utilização destes modelos, uma vez que esses permitem correlacionar a evolução da complexidade cardíaca dos vertebrados com uma melhor eficiência metabólica (Tabela 1). Contudo, no item que relacionava os modelos à compreensão da hematose, verificou-se menor taxa de concordância total e 4% de discordância (Tabela 1). Nesse

caso, embora a hematose seja um processo mais relacionado ao sistema respiratório, a sua abordagem no questionário deve-se à mudança do teor de oxigênio e gás carbônico no sangue, após a passagem deste pelo órgão respiratório do animal. Assim, a hematose é observada em todos os modelos confeccionados, quando verifica-se a entrada da fita LED azul no órgão respiratório, representando o sangue venoso (desoxigenado), e a saída da fita LED de coloração vermelha, caracterizando o sangue arterial (oxigenado) (Figura 2). Entretanto, apesar de a hematose não ser o foco principal desta pesquisa, as críticas observadas são compreensíveis, uma vez que todo modelo didático apresenta limitações técnicas e operacionais, sendo apenas uma representação do objeto ou processo real (Matos, Oliveira, Santos e Ferraz, 2009).

Os resultados do último grupo de afirmações mostraram que os professores acreditam na utilização dos modelos como ferramenta facilitadora da aprendizagem, ao permitirem que os estudantes explorem o objeto da aula, visualizem o funcionamento dos sistemas circulatórios dos vertebrados, além de propiciar maior interação professor-aluno em sala de aula (Tabela 1). No entanto, em relação à contribuição da visualização da simulação da circulação para a aprendizagem, os 4% de discordância parcial observados (Tabela 1), podem sugerir que o docente julgue ser mais adequado o emprego de outras ferramentas didáticas para atingir este mesmo objetivo.

Ao inserir metodologias diferenciadas no cotidiano escolar, o professor contribui para tornar as aulas mais dinâmicas, aproximar o estudante do conteúdo, além de estimular a troca de saberes entre professor-aluno e aluno-aluno (Nicola e Paniz, 2016). Nesse caso, o docente deverá mediar o conhecimento, reestruturando e adaptando recursos à sua prática pedagógica, atuando como um professor-pesquisador (Souza, 2014). Para tal, vale ressaltar a importância da capacitação e do planejamento do professor nas suas ações, a fim de que tais recursos não sejam empregados aleatoriamente, reduzindo, assim, o seu potencial (Mercado e Freitas, 2013). A questão discursiva, a qual permitia ao professor-avaliador expressar críticas, sugestões ou comentários para o aperfeiçoamento do material em análise foi respondida por apenas 10 dos 28 docentes. As respostas foram submetidas à análise de conteúdo (Bardin, 2011) e categorizadas em elogios, críticas e sugestões (Tabela 2).

De modo geral, foi possível observar que os modelos foram muito bem recebidos pelos professores. Dentre os elogios, destaca-se: *"Gostei muito dos modelos, futuramente gostaria de ter modelos assim para usar com as minhas turmas"*. Esta contribuição revela a importância da produção de novos recursos pedagógicos que possam auxiliar na prática docente como uma ferramenta facilitadora da aprendizagem.

Dentre as críticas apontadas, todas elas versavam sobre a dificuldade de associação dos modelos com a hematose, como destacado em: *"Deixar mais claro como este processo vai estar associado com a hematose"*. Neste caso, apesar de a hematose não ser o alvo principal dos modelos, a visualização simplificada deste processo é verificada com a mudança de coloração das fitas LED ao passar pelo órgão respiratório do animal.

Categorias	Contribuições abordadas	Discurso dos docentes
Elogios	Importante recurso para as aulas de Biologia	"Gostei muito do material pela objetividade e facilidade de utilização." "Excelente recurso para as aulas de fisiologia comparada."
Críticas	Dificuldade na compreensão da hematose	"Difícil compreensão e visualização da hematose nos diferentes órgãos do sistema respiratório. Poderia ter uma legenda com imagem sobre essa questão." "Deixar mais claro como este processo vai estar associado com a hematose."
Sugestões	Utilização de outros tipos de materiais	"Parabéns pelo trabalho! Sugiro uso de material mais resistente para a estrutura e de sequenciadores mais simples para tornar mais resistente ao tempo e o custo um pouco mais baixo."

Tabela 2. - Elogios, críticas e sugestões dos professores acerca dos modelos confeccionados sobre o sistema cardiovascular dos vertebrados.

Em relação às sugestões, destaca-se o comentário: "*Parabéns pelo trabalho! Sugiro uso de material mais resistente para a estrutura (chapa de fibra de madeira etc.) e de sequenciadores mais simples para tornar mais resistente ao tempo e o custo um pouco mais baixo*". A sugestão para a utilização de uma chapa de fibra de madeira para a estrutura é interessante, pois o modelo ganharia maior resistência, diminuindo a probabilidade de quebras ou danos. Porém, além de encarecer a produção, esta tornar-se-ia mais complexa, na medida em que seria necessário haver uma pessoa ou profissional para trabalhar com este tipo de material. Em contrapartida, o isopor utilizado no modelo confeccionado, embora frágil, consiste em um material fácil de ser trabalhado, cortado, moldado e até mesmo substituído caso seja necessário.

Segundo Borges (2000), produzir o próprio modelo didático tem uma série de vantagens em relação a adquirir um já pronto. Dessa forma, ao analisar os pontos de maior fragilidade e dificuldade do assunto, o professor consegue moldar o conteúdo a ser estudado, procurando alternativas e soluções para se aproximar de uma aprendizagem edificante. Adicionalmente, a confecção de modelos pelos próprios professores ou pela comunidade escolar constitui uma ótima solução para o desafio em adquirir os modelos caros e sofisticados disponíveis para compra no mercado (Ceccantini, 2006).

Para a confecção desses modelos, optou-se pelo uso de fitas digitais de LED RGB para simular o fluxo circulatório, uma vez que esta pesquisa foi aplicada em uma escola técnica estadual, com cursos da área de eletrônica, telecomunicações, entre outros. No entanto, os mesmos modelos cardíacos podem ser confeccionados utilizando outro tipo de mecanismo para simular a circulação sanguínea, como mangueiras de silicone para simular veias e

artérias, suco de repolho roxo para representar o sangue arterial e venoso com cores diferentes e bulbos de motor de barco para bombear os líquidos, conforme o modelo do sistema cardiovascular humano de Tamada, Meira, Schadeck e Mendonça (2014). Desse modo, sugere-se nesta pesquisa que o modelo elaborado se adeque à realidade da escola, tanto na vivência dos aprendizes, quanto na parte financeira, não sendo, portanto, necessário utilizar a mesma estratégia para a simulação da dinâmica sanguínea (Farias, Martin e Cristo, 2015; Bernardo e Tavares, 2017).

Aplicação dos modelos didáticos

No início da atividade, foi possível verificar o entusiasmo e o olhar curioso dos estudantes ao observarem os modelos didáticos, especialmente quando as luzes de LED foram acesas e o circuito sanguíneo pode ser percebido com maior clareza. Assim, uma vez que os estudantes já tinham conhecimento sobre o sistema circulatório humano, o professor iniciou a aula instigando-os a recordarem pontos importantes deste conteúdo, como o número de câmaras cardíacas e a circulação dupla e completa. Nesse momento, o modelo de coração tetracavitário de aves/mamíferos foi utilizado para explicar a dinâmica circulatória humana, na qual foi evidenciada a ausência de mistura de sangue arterial e venoso, bem como a influência da propulsão de cada um dos ventrículos cardíacos na circulação pulmonar e sistêmica, de forma independente.

Em seguida, os estudantes foram orientados e estimulados a observar os sistemas cardiovasculares dos demais clados de vertebrados, começando pelo grupo dos peixes. Após alguns minutos, a primeira consideração feita pelos estudantes foi sobre o tipo único de sangue que percorre o coração destes vertebrados. A partir dessa observação, os estudantes foram questionados: será que este fato está relacionado com a presença de uma menor quantidade de câmaras neste coração em comparação ao de mamíferos? Após uma breve discussão, seguiu-se uma explicação sobre a dinâmica circulatória simples observada no grupo dos peixes.

Na análise do coração tricavitário dos anfíbios, os estudantes foram questionados: de que forma o advento de um segundo circuito circulatório, a circulação dupla, contribui para uma melhor eficiência metabólica destes animais quando comparados aos peixes? Além disso, foi dado destaque a mistura dos tipos de sangue no ventrículo único presente no coração tricavitário e como esse fato influencia na vida desses animais.

Para a abordagem sobre o coração dos répteis, a tampa do coração dos anfíbios foi substituída pela tampa do coração dos répteis, utilizando a mesma base do modelo de coração. A primeira diferença observada pelos estudantes foi em relação ao surgimento de um septo separando parcialmente o ventrículo em duas subcavidades e, neste momento, eles foram questionados sobre a importância desta diferença morfológica para a circulação dos répteis. Rapidamente os estudantes chegaram à conclusão de que a separação dos ventrículos reduziria a mistura de sangue no coração e com isso, esses animais teriam vantagem metabólica em relação aos anfíbios.

Nesse momento, o docente fez uma breve explanação sobre o sistema cardiovascular dos répteis crocodilianos, que apresentam coração

tetracavitário e presença do Forame de Panizza, que garante ao grupo um controle sobre a mistura de sangue que será enviado ao corpo em condições de apneia. Essa explanação ocorreu totalmente a partir do diálogo do professor com os estudantes, uma vez que, no presente estudo, optou-se pela não elaboração do modelo do sistema cardiovascular dos répteis crocodilianos.

Dando continuidade à aula, retornou-se à circulação de aves e mamíferos, com o questionamento de como a separação completa do coração em quatro cavidades independentes foi importante para a manutenção da temperatura interna, destacando a importância dessa característica na distribuição geográfica desses dois grupos de vertebrados. Além disso, nesse momento foi possível abordar a pequena diferença entre o sistema cardiovascular desses grupos, onde nas aves o arco aórtico se curva para a direita, enquanto nos mamíferos essa curvatura ocorre para o lado esquerdo do coração.

Toda a atividade dialógica foi conduzida estimulando uma postura investigativa dos estudantes, onde o professor atuou orientando e conduzindo os estudantes a alcançarem suas próprias conclusões a partir da observação detalhada dos modelos didáticos. Assim, a aplicação dos modelos foi muito positiva, onde os discentes comentaram bastante e ficaram muito motivados, além de ter sido observada uma maior interação aluno-aluno e aluno-professor quando comparado às aulas regulares.

Silva e Schirlo (2014) destacam que os modelos didáticos contribuem para despertar a curiosidade, um dos pré-requisitos para se alcançar a aprendizagem significativa, onde o estudante deve se interessar pelo conteúdo para que seja possível estruturar um novo conhecimento. Desse modo, a aplicação dos modelos de forma dialógica e investigativa favoreceu a compreensão dos estudantes sobre a circulação dos vertebrados, uma vez que a presença de estruturas mais simples nos peixes até aquelas mais complexas, observada nas aves e mamíferos, demonstrou a progressão da complexidade sistêmica na circulação desses animais (Romer e Parsons, 1985).

Avaliação dos modelos didáticos pelos estudantes

Os resultados do primeiro grupo de afirmativas sugerem que a utilização dos modelos como recurso didático favoreceu a compreensão dos principais pontos do conteúdo. No entanto, alguns estudantes discordaram ou apontaram ser indiferentes a assertiva sobre a melhor compreensão do aumento da complexidade cardíaca com a redução da mistura de sangue (Tabela 3). Nesse caso, podemos sugerir que esses estudantes não tenham conseguido relacionar o aumento do número de câmaras cardíacas com a redução ou ausência da mistura de sangue no coração, uma vez que nas afirmativas anteriores os mesmos estudantes concordaram totalmente ou parcialmente com essas informações analisadas isoladamente.

O segundo grupo de afirmativas questionou os estudantes de que forma a utilização dos modelos contribuiu no processo de aprendizagem. A maioria dos estudantes concordou totalmente que o processo foi favorecido na medida em que puderam visualizar uma simulação do funcionamento do sistema cardiovascular (90%) e explorar concretamente o objeto da aula

(81%) (Tabela 3). Entretanto, um maior número de concordância parcial e indiferença foi verificado quando se afirmou que a aplicação dos modelos permitiu aos estudantes interagirem mais uns com os outros e com o professor (Tabela 3).

Afirmativas sobre o uso dos modelos didáticos		Porcentagem de respostas*				
		DT	DP	I	CP	CT
1. Os modelos didáticos confeccionados sobre o sistema cardiovascular dos vertebrados permitiram melhor compreensão:	Do aumento gradativo da complexidade cardíaca dos vertebrados.				15	85
	Do trajeto do sangue através dos principais vasos sanguíneos.				6	94
	Da mistura ou ausência de mistura entre sangue arterial e venoso dentro do coração.				21	79
	Do aumento da complexidade cardíaca com a redução da mistura de sangue nos vertebrados terrestres.	2	2	2	27	67
2. A aplicação dos modelos em sala de aula, favoreceu o processo de aprendizagem na medida em que permitiu:	Visualizar uma simulação do funcionamento do sistema cardiovascular dos vertebrados.				10	90
	Explorar de forma concreta o objeto da aula.			2	17	81
	Interagir mais uns com os outros e com o professor sobre o conteúdo estudado.			4	27	69
	Participar de uma aula diferente e mais atrativa, em contraste com uma aula tradicional no quadro branco.				2	98

Tabela 3.- Avaliação dos modelos didáticos por professores do ensino médio.
*DT= discordo totalmente; DP= discordo parcialmente; I= indiferente; CP= concordo parcialmente; CT= concordo totalmente.

Tornar o ambiente escolar um local mais dinâmico, com atividades participativas e atrativas, é muito importante para a melhoria da aprendizagem, uma vez que, diferente do observado nas aulas tradicionais, a inserção de novas práticas pedagógicas estimula a motivação e o interesse dos estudantes, permitindo o estabelecimento de conexões com os conteúdos teóricos e favorecendo a assimilação de conceitos (Tamada, Meira, Schadeck e Mendonça, 2014). Dessa forma, os pré-requisitos para que a aprendizagem possa ser significativa serão contemplados, pois o material da aprendizagem tem que ter significado lógico e o aprendiz deve estar predisposto a aprender (Moreira, 2012).

Em outros estudos com modelos didáticos, os estudantes também confirmaram que a utilização desse tipo de material facilita a compreensão do conteúdo na sala de aula, não apenas na disciplina de Biologia como também em outras áreas do saber como Geografia, Química e Física

(Rodrigues e Barni, 2009; Orlando, Lima, Silva, Fuzissaki, Ramos, Machado, Fernandes, Lorenzi, Lima, Gardim, Barbosa e Tréz, 2009; Souza, 2011). Segundo Adami (2017), quando modelos são empregados no cotidiano escolar, os aprendizes se encantam, querem tocar, se animam e, principalmente, perguntam sobre o tema.

Apesar da relevância dos modelos não ter sido unânime entre os estudantes, os resultados desta pesquisa indicam que a utilização dos mesmos favoreceu a aprendizagem de forma mais efetiva, pois além de melhorar a compreensão sobre o conteúdo, estimulou a interação dos estudantes, permitiu a manipulação do objeto estudado, além de contribuir para a motivação, propiciando aos estudantes a participação em uma aula mais atrativa (Silva, Silva-Filha e Freitas, 2016; Silva e Morbeck, 2019). De forma similar, nos estudos de Larentis, Malacarne e Sereia (2010), a aplicação do modelo didático despertou o interesse dos estudantes, que ficaram atentos à explicação, comentaram entre si sobre o modelo e compartilharam dúvidas e curiosidades durante a atividade, contribuindo para a assimilação de novos conceitos.

Conclusões

Abordar o conteúdo de anatomofisiologia comparada dos vertebrados, sobretudo dando ênfase aos aspectos evolutivos que propiciaram o aumento da complexidade circulatória nesse grupo, não é tarefa fácil no contexto do ensino básico. Vários são os desafios para alcançar esse objetivo, que vão desde a falta de tempo em sala e o excesso de conteúdo, até as problemáticas da realidade do processo de ensino e aprendizagem, onde o ensino predominantemente tradicional choca-se com estudantes inseridos no imediatismo da era digital e mídias sociais, dificultando a tarefa de capturar o interesse destes estudantes para permitir que a aprendizagem ocorra de forma satisfatória.

Nessa perspectiva, foram elaborados modelos didáticos do sistema cardiovascular dos vertebrados, com materiais simples capazes demonstrar a complexidade cardíaca e simular a dinâmica circulatória nesses animais. A proposta era conseguir, a partir da utilização dos modelos, mostrar a Biologia de uma forma mais atraente, despertando o interesse do aluno, motivando-o para as aulas, permitindo maior interação entre os atores do processo de ensino-aprendizagem e tornando-os indivíduos críticos e capazes de construir o seu próprio conhecimento.

A validação dos modelos confeccionados por professores de Biologia da educação básica mostrou que o material didático elaborado pode ser utilizado como um recurso pedagógico em aulas de anatomofisiologia comparada, contribuindo de forma substancial para uma melhor aprendizagem dos tópicos abordados no ambiente formal de ensino.

Esse fato foi confirmado durante a aplicação dos modelos com os estudantes, em uma aula onde as características dos sistemas cardiovasculares de cada grupo de vertebrados foram relacionadas ao aumento gradativo da complexidade em resposta a uma demanda crescente de energia e eficiência metabólica condizente com a vida terrestre e com a endotermia. Nesse caso, durante a aplicação dos modelos, a maioria dos estudantes manifestou grande interesse na aula, participando de forma

ativa e interagindo mais com os demais estudantes e com o professor pesquisador, interpelando e buscando compreender a estrutura e o funcionamento do que estava sendo representado pelos modelos. Como consequência, na avaliação do material pelos estudantes, esses afirmaram que a aprendizagem do conteúdo foi facilitada pela utilização dos modelos, na medida em que puderam explorar de forma concreta e lúdica o objeto de estudo, tornando-se protagonistas no processo de aquisição de novos conhecimentos.

Os modelos desenvolvidos neste trabalho se mostraram uma ferramenta eficaz e positiva para o ensino da anatomofisiologia comparada do sistema cardiovascular dos vertebrados. Dessa forma, foi possível verificar que quando o educador alia à sua prática pedagógica a utilização de uma metodologia alternativa desse tipo, ele rompe com a aprendizagem mecânica da simples memorização de conteúdo e contribui para a construção de novos conhecimentos, propiciando a participação ativa dos estudantes no processo de aprendizagem.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pelo fomento a esta pesquisa.

Referências bibliográficas

Adami, M. J. (2017). Elaboração de um modelo do sistema circulatório humano como recurso didático: modismo ou eficácia no processo ensino aprendizagem? *Latin American Journal of Science Education*, 4(2), 22076.

Almeida, C. M. M., Lopes, L. A., e Lopes, P. T. C. (2015). Sequências didáticas eletrônicas no ensino do corpo humano: comparando o rendimento do ensino tradicional com o ensino utilizando ferramentas tecnológicas. *Acta Scientiae*, 17(2), 466-482.

Almeida, I. G. F. (2017). *Utilização de modelo didático no processo de ensino-aprendizagem de divisão celular em uma escola pública de Campina Grande-PB* (Monografia). Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande.

Alves, F. M. (2014). Enriquecendo o ensino de ciências através do uso de modelos didáticos: uma abordagem com o sistema circulatório humano. *II Encontro de Pesquisa em Ensino das Ciências e Matemática: questões atuais*, 1(1), 32-34.

Alves, N., Menezes, J., Barros, W., Borges, S., e Mello-Carpes, P. B. (2011). Práticas inovadoras no processo ensino-aprendizagem de fisiologia humana. *Revista Contexto e Saúde*, 10(20), 1227-1232. doi: <https://doi.org/10.21527/2176-7114.2011.20.1227-1232>

Alves, T. A., Falcão, I. S., Souza, A. T., Amaral, T. S., Lima, S. P., e Carvalho, T. B. (2016). Físio Card Game: um jogo didático para o ensino da fisiologia na educação básica. *Revista de Ensino de Bioquímica*, 14(1), 99-120.

Amabis, J. M., e Martho, G. R. (2013). *A Diversidade dos Seres Vivos*. 1. ed. São Paulo: Moderna.

Amaro, A., Póvoa, A., e Macedo, L. (2005). *Metodologias de Investigação em Educação: A arte de fazer questionários*. Porto: Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.

Bardin, L. (2011). *Análise de conteúdo*. Tradução Luís Antero Reto, Augusto Pinheiro. São Paulo: Edições 70.

Bassoli, F. (2014). Atividades práticas e o ensino-aprendizagem de ciência(s): mitos, tendências e distorções. *Ciência & Educação*, 20(3), 579-593.

Bernardo, J. M. P., e Tavares, R. O. (2017). Desenvolvimento de modelos didáticos auxiliares no processo de ensino-aprendizagem em embriologia humana. *Educação em Debate*, 39(74), 87-105. doi: <http://dx.doi.org/10.24882/eemd.v39i74.374>

Bezerra, D. S., Soares, A. M., e Marques, J. A. (2017). Concepções acerca da biologia entre discentes do ensino médio no município de Cajazeiras – Paraíba. *Revista de Pesquisa Interdisciplinar*, 2, 697-707.

Borges, G. L. A. (2000) *Formação de professores de biologia, material didático e conhecimento escolar* (Tese de doutorado). Universidade Estadual de Campinas, Campinas. Recuperado de http://repositorio.unicamp.br/jspui/bitstream/REPOSIP/253628/1/Borges_GilbertoLuizdeAzevedo_D.pdf. Acesso em: 10 de março de 2018.

Brasil. Ministério da Educação. (2018). *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília: MEC. Recuperado de http://basenacionalcomum.mec.gov.br/wpcontent/uploads/2018/06/BNCC_EI_EF_110518_verseofinal_site.pdf. Acesso em: 07 de março de 2019.

Brasil. Ministério da Educação. (2000). *Parâmetros Curriculares Nacionais - Ensino Médio: Ciências da natureza e suas tecnologias*. Brasília: MEC. Recuperado de <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>. Acesso em: 07 de março de 2019.

Canepa, A. R. G., Salzbron, C. A., Moraes, D. B., Delmonico, K. R., Cruz, M. A. T., Lima, M. Q., Lopes, N. P., Mesquita, R. O. C., Rocha, R. S., Ribeiro, S. J. P., Borges, B. E., e Heimbecher, C. (2012). Utilização de modelos didáticos no aprendizado de anatomia e fisiologia cardiovascular. *Revista do Curso de Enfermagem*, 1(1), 1-7.

Castoldi, R., e Polinarski, C. A. (2009). A utilização de recursos didático-pedagógicos na motivação da aprendizagem. *Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia*, Ponta Grossa/PR. Recuperado de <http://www.sinect.com.br/anais2009/artigos/8%20Ensinodecienciasnasserieiniciais/EnsinodecienciasnasserieiniciasArtigo2.pdf>. Acesso em: 22 de março de 2019.

Ceccantini, G. (2006). Os tecidos vegetais têm três dimensões. *Revista Brasileira de Botânica*, 29(2), 335-337. doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-84042006000200015>

Duso, L., Clement, L., Pereira, P. B, e Alves Filho, J. P. (2013). Modelização: uma possibilidade didática no ensino de biologia. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 15(2), 29-44. doi: <https://doi.org/10.1590/1983-21172013150203>

Farias, P. A. M., Martin, A. L. A. R., e Cristo, C. S. (2015). Aprendizagem ativa na educação em saúde: percurso histórico e aplicações. *Revista Brasileira de Educação Médica*, 39(1), 143-158. doi: <https://doi.org/10.1590/1981-52712015v39n1e00602014>

Ferreira, P. M. P., Moura, M. R., Costa, N. D. J., Silva, J. N., Peron, A. P., Abreu, M. C., e Pacheco, A. C. L. (2013). Avaliação da importância de modelos no ensino de biologia através da aplicação de um modelo demonstrativo da junção intercelular desmossomo. *Revista Brasileira de Biociências*, 11(4), 388-394.

Gonçalves, P. B., Maciel, M. M., e Barros, J. D. S. (2016). Recursos audiovisuais: uma modalidade didática inovadora no ensino de biologia. *Revista de Pesquisa Interdisciplinar*, 1, Ed. Especial, 430-436.

Justina, L. A. D., e Ferla, M. R. (2006). A utilização de modelos didáticos no ensino de genética: exemplo de representação de compactação do DNA eucarioto. *Arquivos do Mudi*, 10(2), 35-40.

Larentis, C., Malacarne, T. J., e Sereia, D. A. (2010). A importância dos modelos didáticos no ensino de ciências nas séries do Ensino Fundamental. *Os Estágios Supervisionados de Ciências e Biologia em Debate II*, Cascavel/PR.

Lemos, E. S. (2005). (Re)Situando a teoria da aprendizagem significativa na prática docente, na formação de professores e nas investigações educativas em ciências. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 5(3), 38-51.

Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology*, 140, 1-55.

Lima, R. M. (2017). *Utilização de modelos didáticos de artrópodes como ferramenta de aprendizagem no ensino de ciências e biologia* (Monografia). Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.

Linhares, S., e Gewandszajder, F. (2013). *Biologia Hoje*. 2. ed. São Paulo: Ática.

Lopes, S., e Rosso, S. (2014). *Bio*. 3. ed. São Paulo: Editora Saraiva.

Mathias, G. N., e Amaral, C. L. C. (2010). Utilização de um jogo pedagógico para discussão das relações entre ciência/tecnologia/sociedade no ensino de química. *Experiências em ensino de ciências*, 5(2), 107-120.

Matos, C. H. C., Oliveira, C. R. F., Santos, M. P. F., e Ferraz, C. S. (2009). Utilização de modelos didáticos no ensino de entomologia. *Revista de biologia e ciências da Terra*, 9(1), 19-23.

Mercado, L. P. L., e Freitas, M. A. S. (2013). Avaliação de materiais didáticos para educação online dos cursos da UAB: perspectiva analítica e reconstrutiva. *Revista e-Curriculum*, 2(11), 537-553.

Minayo, M. C. S. (2012). Análise qualitativa: teoria, passos e fidedignidade. *Ciência & Saúde Coletiva*, 17(3), 621-626. doi: <https://doi.org/10.1590/S1413-81232012000300007>

Moreira, M. A. (2011). Aprendizagem significativa: um conceito subjacente. *Aprendizagem Significativa em Revista*, 1(3), 25-46.

Moreira, M. A. (2012). *O que é afinal aprendizagem significativa?* Recuperado de <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/oqueeafinal.pdf>. Acesso em: 08 de janeiro de 2019.

Moul, R. A. T. M., e Silva, F. C. L. (2017). A modelização em genética e biologia molecular: ensino de mitose com massa de modelar. *Experiências em Ensino de Ciências*, 12(2), 118-128.

Nicola, J. A., e Paniz, C. M. (2016). A importância da utilização de diferentes recursos didáticos no ensino de biologia: A InFor, Inovação e Formação. *Revista do núcleo de educação a distância da Unesp*, 2(1), 355-381.

Olmo, F. J. V., Marinato, C. S., Gadioli, A. O., e Silva, R. V. (2014). Construção de modelo didático para o ensino de biologia: meiose e variabilidade genética. *Enciclopédia Biosfera*, 10(18), 35-69.

Orlando, T. C., Lima, A. R., Silva, A. M. da, Fuzissaki, C. N., Ramos, C. L., Machado, D., Fernandes, F. F., Lorenzi, J. C. C., Lima, M. A. de, Gardim, S., Barbosa, V. C., e Tréz, T. de A. (2009). Planejamento, montagem e aplicação de modelos didáticos para abordagem de biologia celular e molecular no ensino médio por graduandos de Ciências Biológicas. *Revista Brasileira de Ensino de Bioquímica e Biologia Molecular*, 7(1), 1-17. doi: <https://doi.org/10.16923/reb.v7i1.33>

Pelizzari, A., Kriegl, M. I., Baron, M. P., Finck, N. T. L., e Dorocinski, S. I. (2002). Teoria da Aprendizagem Significativa Segundo Ausubel. *Revista PEC*, 2(1), 37-42.

Perini, M., e Rossini, J. (2018). Aplicação de modelos didáticos no ensino de biologia floral. *International Scientific Journal*, 13(3), 58-71. doi: <http://dx.doi.org/10.6020/1679-9844/v13n3a5>

Pimentel, P. M. S., Oliveira, M. V. P., e Maciel, E. M. (2017). Teoria e prática no âmbito do ensino médio: análise de casos no Piauí e Ceará para o ensino de biologia. *REnCiMa*, 8(3), 158-173.

Pogh, F. H., Janis, C. M., e Heiser, J. B. (2008). *A vida dos vertebrados*. 4. ed. São Paulo: Atheneu.

Queiroz, J. G., Souza, T. T., Silva, L. A. S., e Malafaia, G. (2018). Utilização de modelo didático como ferramenta facilitadora na disciplina de biologia para alunos de ensino médio em uma escola pública de Pires do Rio/GO. *Multi-science Journal*, 1(11), 7-7. doi: <http://dx.doi.org/10.33837/msj.v1i11.551>

Rocha, L. R. M., Moretti, A. R., Costa, P. C. F., e Costa, F. G. (2015). Educação de surdos: relato de uma experiência inclusiva para o ensino de ciências e biologia. *Revista Educação Especial*, 28(52), 377-392. doi: <https://doi.org/10.5902/1984686X14854>

Rodrigues, K. G., e Barni, E. M. (2009). Mapas conceituais: potencializador da aprendizagem na modalidade de ensino a distância do curso superior de pedagogia de uma instituição de Curitiba. *IX Congresso Nacional de Educação*, Curitiba/ PR. Recuperado de https://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2009/3537_2126.pdf. Acesso em: 05 de abril de 2018.

Romer, A. S., e Parsons, T. S. (1985). *Anatomia comparada dos vertebrados*. São Paulo: Atheneu.

Santos, J. C. F. (2006). O papel do professor na promoção da aprendizagem significativa. Recuperado de <http://juliofurtado.com.br/papeldoprof.pdf>. Acesso em: 10 de junho de 2018.

Silva, A. A., Silva-Filha, R. T., e Freitas, S. R. S. (2016). Utilização de modelo didático como metodologia complementar ao ensino da anatomia celular. *Biota Amazônia*, 6(3), 17-21. doi: <http://dx.doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v6n3p17-21>

Silva, F. S. S., Morais, I. J. O., e Cunha, I. P. R. (2011). Dificuldades dos professores de biologia em ministrar aulas práticas em escolas públicas e privadas do município de imperatriz (ma). *Revista Uni*, 1(1), 135-149.

Silva, S. de C. R. da, e Schirlo, A. C. (2014). *Teoria da aprendizagem significativa de Ausubel: reflexões para o ensino de física ante a nova realidade social*. Recuperado de <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ImagensEduc/article/viewFile/22694/PDF>. Acesso em: 26 de outubro de 2017.

Silva, T. G., e Morbeck, L. L. B. (2019). Utilização de modelos didáticos como instrumento pedagógico de aprendizagem em citologia. *Revista Multidisciplinar e de Psicologia*, 13(45), 594-608. doi: <https://doi.org/10.14295/online.v13i45.1732>

Silva, T. R., Silva, B. R., e Silva, B. M. P. (2018). Modelização didática como possibilidade de aprendizagem sobre divisão celular no ensino fundamental. *Revista Thema*, 15(4), 1376-1386. doi: <http://dx.doi.org/10.15536/thema.15.2018.1376-1386.1024>

Silva-Filha, R. T., Silva, A. A., e Freitas, S. R. S. (2016). Uma alternativa didática às aulas tradicionais de ciências: aprendizagem colaborativa e modelização aplicadas ao ensino do sistema urinário. *Cadernos de Educação*, 15(31), 87-105. doi: <http://dx.doi.org/10.15603/1679-8104/ce.v15n31p87-105>

Souza, P. F, e Faria, J. C. N. M. (2011). A construção e avaliação de modelos didáticos para o ensino de ciências morfológicas - uma proposta inclusiva e interativa. *Enciclopédia Biosfera*, 7(13), 1550-1561.

Souza, R. A. (2011). *Teoria de aprendizagem significativa e experimentação em sala de aula: integração teoria e prática* (Dissertação de mestrado). Universidade Federal da Bahia, Salvador.

Tamada, M. H., Meira, O. M., Schadeck, R. J. G., e Mendonça, M. H. (2014). A utilização de modelos didáticos em aulas práticas sobre o sistema cardiovascular no ensino fundamental. *II Seminário Estadual do PIBID/PR*. Foz do Iguaçu/PR. Recuperado de <https://dspace.unila.edu.br/bitstream/handle/123456789/2619/PIBID1%2C409-413.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 10 de março de 2019.

Theodoro, F. C. M., Costa, J. B. S., e Almeida, L. M. (2015). Modalidades e recursos didáticos mais utilizados no ensino de Ciências e Biologia. *Estação Científica*, 5(1), 127-139.

Vieira, K. M., e Dalmoro, M. (2013). Dilemas na construção de escalas tipo Likert: o número de itens e a disposição influenciam nos resultados? *Revista Gestão organizacional*, 6(3), 161-174. doi: <http://dx.doi.org/10.22277/rgo.v6i3.1386>

Vieira, M. R., Oliveira, K. S., Santos, R. H. P., Dias, M. P., e Guimarães, A. P. M. (2017). Influência da biologia no aprendizado do aluno do ensino médio. *Educationis*, 5(2), 41-47. doi: <http://doi.org/10.6008/spc2318-3047.2017.002.0005>

Viveiro, A. A., e Diniz, R. E. S. (2009). Atividades de campo no ensino das ciências e na educação ambiental: refletindo sobre as potencialidades desta estratégia na prática escolar. *Ciência em tela*, 2(1), 1-12.