

Uma proposta para introdução ao ensino de medicina translacional

A proposal for introduction to the teaching of translational medicine

¹ Emilly Vitoria Leonardo da Silva 

² Pabyton Gonçalves Cadena 

³ Marília Ribeiro Sales Cadena  

RESUMO

Os modelos didáticos são ferramentas facilitadoras do ensino-aprendizagem, pois representam o real de forma interativa, proporcionando ao discente o contato prático com o que foi estudado, em especial, quando exploram dimensões podem promover a inclusão de alunos com deficiência visual e favorecer uma educação abrangente e integrada. Desse modo, o presente trabalho teve como objetivo principal o desenvolvimento de modelo didático de embrião de *Danio rerio* com idade de 24 horas pós fertilização em 3D como ferramenta de ensino inclusivo atendendo alunos normovisuais e com deficiência visual. O modelo didático foi desenhado em 3D de acordo com a literatura especializada, fatiado e impresso em impressora 3D. Após, foi validado por juízes, obtendo resultados satisfatórios a respeito dos objetivos do produto de ensino, estrutura, apresentação, relevância científica e educacional em embriologia de *D. rerio*, inclusão e acessibilidade. Assim, o modelo didático elaborado amplia e auxilia o ensino-aprendizagem de ciências na área da embriologia, uso de animais de laboratório, medicina translacional e contribui para a acessibilidade da educação a alunos com deficiência visual.

Palavras-chave: *Danio rerio*, Embriologia, Ensino Inclusivo, Modelo didático.

ABSTRACT

*Didactic models are tools that enhance and facilitate teaching-learning, as they represent reality in an interactive and dynamic way, providing the student with practical contact with what was studied, especially when they explore dimensions they can promote the inclusion of students with visual impairments. and promote comprehensive, inclusive and integrated education. Therefore, the main objective of this work is to develop a teaching model of a *Danio rerio* embryo aged 24 hours after fertilization in 3D as an inclusive teaching tool for sighted and visually impaired students. The teaching model was designed in 3D, sliced and printed on a 3D printer. Afterwards, it was validated by judges, obtaining satisfactory results regarding the objectives of the teaching product, structure, presentation, scientific and educational relevance in *D. rerio*'s embryology, inclusion and accessibility. Thus, the didactic model developed expands and assists the teaching-learning of science in the area of embryology and contributes to the accessibility of education for students with visual impairments.*

Keywords: *Danio rerio*, Embryology, Inclusive Teaching, Didactic model.

1 Discente da Licenciatura em Ciências Biológicas, Universidade Federal Rural de Pernambuco

2 Doutor em Ciências Biológicas. Área de Fisiologia e Farmacologia, Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal, Universidade Federal Rural de Pernambuco

3 Doutora em Ciências Biológicas. Área de Ensino das Ciências Biológicas, Departamento de Biologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco

1 INTRODUÇÃO

Os modelos didáticos são ferramentas educacionais que auxiliam professores em temas complexos e conceitos abstratos, como os da disciplina de biologia que retratam estruturas, processos e organismos diminutos, pois os modelos didáticos são capazes de representar o real de forma esquematizada, interativa e dinâmica (Michelotti; Loreto, 2019). Especialmente, quando acessíveis, exploram outros sentidos além de visão, promovendo a inclusão de alunos com deficiência visual (Macedo et al., 2021).

De acordo com a literatura, alunos com deficiência visual possuem o sentido do tato mais apurado. Desse modo, é fundamental que esse sentido seja estimulado frequentemente em sala de aula. Material tátil torna concreto ideias e/ou conceitos e também possibilita aos educandos construir o conhecimento de forma mais estruturada ao manipular esse material e ter uma melhor compreensão das temáticas abordadas. Assim, possibilita que os alunos com deficiência visual consigam compreender as estruturas e processos retratados (Veras, 2020).

Em vista disso, a utilização de práticas inclusivas no ambiente escolar que atenda aos alunos com deficiência visual, com baixa visão e normovisuais é fundamental para que ocorra a aprendizagem conjunta desses alunos. Nesse contexto, a incorporação de modelos tridimensionais táteis no processo de ensino-aprendizagem é uma alternativa que deve ser considerada (Toledo; Rizzatti, 2021). Esse recurso demonstra ser favorável para o ensino das ciências biológicas, especialmente, na embriologia, visto que aspectos, metodologias e técnicas microscópicas específicas fazem parte desta disciplina (Oliveira et al., 2012).

Dentre os tópicos abordados em embriologia, pode-se trabalhar morfologia de embrião de peixe-zebra, *Danio rerio* (F. Hamilton, 1822), com idade de 24 horas pós fertilização (hpf), amplamente conhecido como zebrafish nos laboratórios de pesquisa do Brasil e do mundo. Essa espécie de peixe é utilizada como um modelo animal em diversas áreas de estudos como biologia do desenvolvimento, genética, toxicologia, neurociência, ecotoxicologia, farmacologia, fisiologia, anatomia, nanotecnologia e pode ser utilizado em estudos de medicina translacional, pois auxiliam os cientistas a entender melhor as doenças humanas e desenvolver novas abordagens terapêuticas (Canedo et al., 2022).

A medicina translacional pode ser definida como abordagem interdisciplinar que visa diminuir o distanciamento entre a produção de conhecimento em laboratórios e sua aplicação prática na medicina e nos serviços de saúde. Isso é possível através do desenvolvimento de intervenções inovadoras destinadas a beneficiar a população (Luz; Laurindo, 2022). Nesse contexto, o zebrafish é um modelo animal de destaque em estudos de medicina translacional pela sua capacidade de modelar uma variedade de doenças humanas, permitindo o estudo dessas condições e avaliação de novas abordagens terapêuticas, e por apresentar semelhança genética com os humanos, facilitando a investigação de doenças genéticas e dos mecanismos subjacentes (Zortéa, 2020).

Em relação à semelhança do zebrafish com humanos, cerca de 70% dos genes de *D. rerio* são semelhantes ao da espécie humana (Quintaneiro et al., 2022). Com 24 hpf, o embrião de peixe-zebra se encontra na fase de farínghula, estágio filotípico (Kimmel et al., 1995). Na espécie humana, esse período corresponde, aproximadamente, ao fim do primeiro trimestre de desenvolvimento fetal (Fernandes et al., 2015).

O estágio filotípico, em embriologia, é definido como o período de desenvolvimento em que os embriões de um grupo de espécies aparentadas compartilham o máximo de semelhanças. As características básicas dos vertebrados representadas nesse período são: tubo neural formado com vesículas cefálicas e estruturas sensoriais respectivas, musculatura segmentar, extremidades presentes (nadadeiras ou membros), coração na região ventral e arcos branquiais na região da boca (Quintaneiro et al., 2022).

Entretanto, apesar do zebrafish ser um modelo animal que tem se destacado na pesquisa científica, o conhecimento sobre essa espécie de peixe e seus embriões ainda se restringem ao ambiente de laboratório, não atingindo o público em geral, especialmente, a pessoas com deficiência visual. Desse modo, o desenvolvimento

de modelo didático acessível, representando esse modelo animal e explicando sua utilização em pesquisas e em medicina translacional, pode favorecer a divulgação desta temática.

Desse modo, a construção de modelo de embrião com idade de 24 horas pós fertilização de *D. rerio* em 3D foi pensada como modelo didático inclusivo para a divulgação científica e para o ensino-aprendizagem de embriologia relacionada a faríngula, pois retrata de modo concreto e não convencional a morfologia externa do embrião no estágio fenotípico compartilhado por vertebrados. Assim, o objetivo do presente artigo é refletir sobre a importância do desenvolvimento de artefatos educacionais para divulgação científica de pesquisas realizadas em bancada e sobre medicina translacional trazendo como produto modelo didático de zebrafish com 24 hpf e validando-o com consultores da pesquisa.

2 METODOLOGIA

Trata-se de pesquisa qualitativa e quantitativa, com o objetivo de observar e compreender a morfologia externa de embrião de zebrafish com 24 hpf para, então, realizar a confecção do modelo didático o mais próximo do real e validar este modelo.

Confecção e impressão de modelos didáticos

Os modelos elaborados foram baseados no artigo que descreve o desenvolvimento embrionário de zebrafish (Kimmel et al., 1995), em estudos sobre acessibilidade e inclusão de pessoas cegas e na observação em laboratório. Sobre esta última, foi realizada visita técnica em março de 2023 para observar rotina do Biotério do Laboratório de Ecofisiologia e Comportamento Animal (LECA-UFRPE), da Universidade Federal Rural de Pernambuco, visando estudar e analisar o embrião de *D. rerio* com 24h pós fertilização sem o córion. Posteriormente, a modelagem foi realizada no Software Blender® v 3.0.1 (Blender Foundation, Holanda, 2022). Em seguida, o desenho em 3D foi fatiado no Software Prusa® v 2.6.1 (Prusa Research, República Checa, 2023) e então foi impresso em 3D na impressora modelo XYZ35 TURBO (Recifemecatron) no Laboratório Plural (Departamento de Biologia – UFRPE) utilizando o filamento PLA (Ácido polilático-biodegradável). Foi realizado depósito de pedido de patente para o modelo didático desenvolvido no Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (INPI), processo número BR1020240064011.

Validação do Modelo Didático

O modelo didático desenvolvido foi avaliado por consultores da pesquisa (5 juízes), membros da equipe do projeto. Assim, não há necessidade de licença do Comitê de Ética para pesquisa com seres humanos, conforme Resolução nº 510/16 (Conselho Nacional de Saúde, 2016). Os juízes tinham pelo menos 1 ano de experiência em biotério de zebrafish. Todos eram graduados em Ciências Biológicas, sendo 80% (4) licenciados e um bacharel (20%); 60% dos consultores tinham pelo menos 1 ano de experiência de regência em sala de aula e todos eram vinculados à UFRPE como docente ou pós-graduando. Quanto ao tempo de experiência na docência, os consultores da pesquisa tinham 2 a 14 anos de experiência e quanto à experiência em biotério de zebrafish, possuíam de 2 a 10 anos de experiência. Os juízes consultores realizaram a avaliação do modelo didático manuseando-o e verificando sua aplicabilidade por tempo em livre demanda e então responderam questionário online contendo perguntas objetivas para avaliar o modelo didático e com um espaço aberto para considerações em relação a melhora do modelo didático.

O modelo didático elaborado foi avaliado quanto ao objetivo, estrutura e apresentação, relevância e inclusão e acessibilidade. As opções no questionário seguiram a escala Likert com cinco níveis: Concordo Totalmente (CT), Concordo (CO), Indiferente (IN), Discordo (DI), Discordo Totalmente (DT) (Silva, Cadena, Sales-Cadena, 2024).

Análise dos dados

As respostas dos juízes consultores em escala Likert foram analisadas utilizando abordagem quantitativa com utilização do índice de validade de conteúdo (IVC) (Souza; Alexandre; Guirardello, 2017). O método com cálculo do IVC mede a proporção ou porcentagem de juízes que apresentam concordância sobre determinados atributos de um instrumento e de seus itens. Neste artigo a escala de Likert possuiu pontuação de 1 a 5; na escala, Discordo Totalmente equivalente a 1 e Concordo Totalmente equivalente a 5 e demais níveis em proporcionalidade. O cálculo do IVC de cada item do instrumento foi feito pela soma das respostas dos especialistas com pontuação 4 e 5 e divisão do resultado da soma pelo número total de respostas. O índice de concordância aceitável para validação é de no mínimo 0,80 e de preferência maior que 0,90.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Modelo didático de embrião de *D. rerio* com 24 hpf

Para compreender o desenvolvimento do modelo didático que foi desenvolvido, vamos primeiramente entender a importância do zebrafish para o processo de divulgação e democratização do conhecimento científico.

A divulgação científica proporciona à sociedade o acesso ao conhecimento gerado pela pesquisa científica de forma compreensível e de fácil abordagem (Albuquerque, 2022). Por consequência, essa prática contribui para a alfabetização científica que é a capacidade de compreender conceitos científicos básicos e avaliar criticamente informações científicas apresentadas. Como também, esses conhecimentos adquiridos podem ser utilizados para fazer uma leitura de mundo com mais clareza (Araújo, 2022).

Ciente da importância da divulgação e alfabetização científica, os conhecimentos advindos da pesquisa em laboratório devem ultrapassar os limites do ambiente acadêmico e laboratório, transladando para a sociedade que é um dos objetivos da medicina translacional (ou também chamada de pesquisa translacional) (Luz; Laurindo, 2022).

Nas últimas décadas, o zebrafish vem se estabelecendo como um importante modelo para estudo comportamental e translacional. Sob a perspectiva translacional, o zebrafish tem auxiliado na investigação do circuito neuronal relacionado a vários transtornos comportamentais humanos, como, mas não restritos a, Transtorno do Espectro Autista (TEA) e Transtorno do Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH). Isso se deve ao fácil manuseio da espécie, quando comparado a outras espécies, podendo ser modificado e manipulado para a manifestação de comportamentos característicos de transtornos e doenças, como também é passível de uma gama de testes de imagens, possibilitando o estudo detalhado de diversas circuitarias neurais associadas à expressão de várias patologias (Lopes, 2021; Mendes, 2023; Santos, 2023).

O comportamento do zebrafish pode ser monitorado de forma simples utilizando as ferramentas de rastreamento atuais, proporcionando um entendimento aprofundado de seus hábitos sociais. Isso permite a correlação desses comportamentos com distúrbios como o TEA e o TDAH, e a modulação desses por meio de fatores socioambientais e fármacos. A intervenção farmacológica nesses transtornos pode ser observada e tratada com medicamentos, ampliando as possibilidades para tratamentos experimentais em futuros testes clínicos. Assim, corroborando para que o zebrafish se solidifique ainda mais como um modelo translacional (Lopes, 2021).

Nesse contexto, tendo em vista que o zebrafish é bastante utilizado como modelo translacional em laboratórios de pesquisas e possui, frente a outros modelos animais de vertebrados, vantagens como alta capacidade de fecundação, é fácil de ser estocado devido ao pequeno tamanho, sua reprodução é rápida e em grande quantidade, apresenta fertilização e desenvolvimento extracorpóreos, embriões grandes e transparentes com clareza óp-

tica incomparável entre outras características vantajosas (Rivero-Wendt et al, 2021), o conhecimento sobre esse peixe e sua utilização em pesquisas deve estar acessível à sociedade, de forma que reconheçam sua importância.

Assim, o modelo didático desenvolvido apresenta de maneira tangível, didática e acessível, um conhecimento científico relacionado a embrião de *D. rerio* com 24 hpf, estado de farínghula. Esse modelo didático foi projetado para ser utilizado também em salas de aulas, em especial, inclusivas, podendo ser manipulado pelos alunos. Assim, contribuindo com a divulgação científica sobre esse tema específico.

Sobre esse estágio do desenvolvimento embrionário do zebrafish com 24 hpf, o qual o modelo didático descrito neste trabalho representa, nessa etapa o embrião já passou pelo período de clivagem (fase em que as células do polo animal se dividem de forma rápida e sincronizada), blástula (fase em que as células se dividem de forma metassíncrona e há a formação da camada sincicial de vitelo e a epibolia se inicia), gástrula (continuação e final da epibolia, originando as camadas germinativas primárias e o eixo embrionário) e segmentação (fase em que os somitos se desenvolvem). Após essa fase, o embrião de zebrafish entra em farínghula, estágio filotípico (Kimmel et al., 1995).

O nome farínghula provém dos primórdios dos arcos branquiais que originam ao opérculo, às mandíbulas e às brânquias. Durante as primeiras horas do período de farínghula, em especial 24 hpf, o eixo corporal do embrião de *D. rerio* que até então apresentava-se curvado à volta do vitelo, alonga-se e a cabeça começa a se endireitar e levantar-se dorsalmente, apresentando ângulo cabeça-tronco de 120°. Outros fatores importantes nessa fase são o desenvolvimento da circulação, pigmentação e barbatanas (Kimmel et al., 1995) (Figura 1).



Figura 1: Embrião de *D. rerio* com 24 hpf. Fonte: os autores.

No período de 24 hpf, o embrião de zebrafish encontra-se no estágio de primórdio “prim” 5. Nesta fase, há o início da formação das barbatanas, diferenciação das células de pigmento e a migração das células sanguíneas para a região entre o vitelo e o notocórdio, onde vão se formar os vasos sanguíneos mais importantes que irrigam

o tronco e a cauda. O coração tem a forma de um cone localizado na região mais anterior do vitelo, ocupando o saco pericárdico (Quintaneiro et al., 2022).

Dessa forma, foi desenvolvido o modelo didático de embrião de zebrafish com 24 horas pós fertilização (Figura 2), no qual pode ser utilizado para compreender o período de faríngea, estágio filotípico.

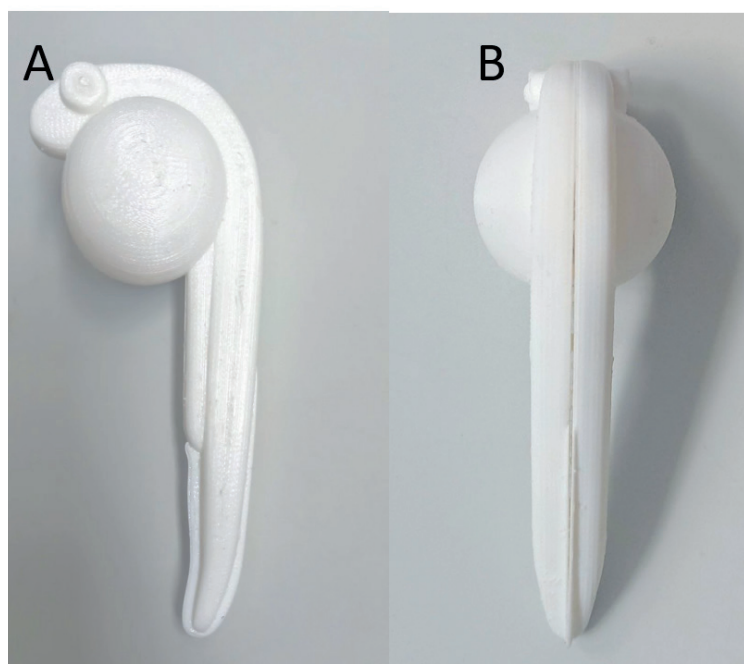


Figura 2: Modelo Didático 3D impresso referente a embrião de *D. rerio* com 24 hpf.

A: Lateral. B: Posterior. Fonte: os autores.

Na realidade, o embrião de *D. rerio* com 24 hpf é microscópico (1.9 mm) e em relação às suas imagens representativas presentes nos livros didáticos, em maioria, se restringem ao visual limitando a participação de alunos com deficiência visual. Como também, a transposição didática dos conteúdos presentes na disciplina de Ciências e Biologia é dificultada devido, entre outros fatores, à escassez de materiais didáticos de proposta inclusiva, em especial, modelos didáticos com a finalidade de tornar acessível à informação e atender às diferentes necessidades (Santos; Brito, 2019). Diante disso, o modelo didático em 3D de embrião de zebrafish com 24 hpf desenvolvido, pode contribuir para diminuir a abstração e dificuldades do ensino-aprendizagem de embriologia nessa temática para alunos normovisuais e com deficiência visual, pois através do tateamento do modelo, os discentes podem perceber as estruturas que compõem a morfologia externa do embrião de zebrafish com 24 hpf.

Validação do modelo didático

O modelo didático desenvolvido foi avaliado por critérios de objetividade, estrutura e apresentação do produto de ensino, relevância científica e educacional e inclusão e acessibilidade. Os itens aprovados na validação foram os que alcançaram índice de validade (IVC) igual ou superior a 0,80. Os quadros 1, 2, 3 e 4 mostram os resultados obtidos.

Analisando os resultados do quadro 1, observa-se que os objetivos relacionados ao modelo didático representativo de embrião de *D. rerio* com 24 hpf foi avaliado de forma positiva.

Segundo Larentis et al. (2020) os modelos didáticos representativos podem ser eficazes na prática docente de forma a facilitar a aprendizagem, em especial, de conteúdos abstratos. As estruturas e processos que ocorrem nos embriões de *D. rerio* são possíveis de serem visualizados apenas em imagens e microscópio que requer estrutura física e equipamentos suficientes, o que dificulta o ensino-aprendizagem. Nessa perspectiva, os modelos didáticos são um dos recursos mais utilizados no ensino de biologia que são viáveis para demonstrar estruturas e processos (Silva et al., 2021). Desse modo, é favorável utilizar modelo didático na abordagem de assuntos que envolvam estruturas e processos microscópicos, como a embriologia de zebrafish.

Quadro 1: Respostas dos juízes avaliadores e índice de avaliação de conteúdo (IVC) das perguntas acerca dos objetivos do produto de ensino.

Objetivos do produto de ensino	Respostas dos Juízes % (n)					Índice de validade de conteúdo (IVC)
Itens	Discordo totalmente	Discordo	Indiferente	Concordo	Concordo totalmente	
O modelo didático elaborado assemelha-se ao embrião de <i>D. rerio</i> com 24 hpf	-	-	-	-	100% (5)	1,00
O modelo didático elaborado representa o estágio (estádio) filotípico de zebrafish com 24 hpf de forma correta	-	-	-	-	100% (5)	1,00
O tateamento do artefato educacional permite o reconhecimento das estruturas (olho, saco vitelínico, extensão do saco vitelínico e barbatana) do embrião de <i>D. rerio</i> com 24 hpf	-	-	-	-	100% (5)	1,00
O modelo didático elaborado funciona como um instrumento facilitador do processo de ensino-aprendizagem de embriologia nessa temática	-	-	-	-	100% (5)	1,00

Fonte: os autores (2024).

Analisando o quadro 2, observa-se que o modelo didático elaborado apresentou uma excelente avaliação quanto a apresentação e estrutura. A fim de que a utilização do material pedagógico seja eficaz e facilite a aquisição, compreensão e assimilação do conhecimento pelo estudante, ele deve apresentar texturas diferentes e tamanho adequado, evitando que sejam muito pequenos ou muito grandes que podem alterar detalhes ou seu contexto. Além disso, um modelo didático eficiente deve ser resistente e proporcionar segurança durante seu manuseio, promovendo uma boa aceitação pelo estudante (Nascimento; Bocchiglieri, 2019).

Quadro 2: Respostas dos juízes avaliadores e índice de avaliação de conteúdo (IVC) das perguntas acerca da estrutura e apresentação do produto de ensino.

Estrutura e apresentação do produto de ensino	Respostas dos Juízes % (n)					Índice de validade de conteúdo (IVC)
Itens	Discordo totalmente	Discordo	Indiferente	Concordo	Concordo totalmente	
O modelo didático elaborado apresenta tamanho adequado para ter a percepção das características da estrutura representada	-	-	-	-	100% (5)	1,00
O material utilizado na confecção do artefato educacional possui textura adequada	-	-	-	20% (1)	80% (4)	1,00
O modelo didático elaborado é interativo	-	-	-	-	100% (5)	1,00

Fonte: os autores (2024).

Ademais, o manuseio do modelo didático promove a interação do aluno com o objeto de estudo. Assim, a utilização desse recurso didático no ambiente educacional, possibilita aulas mais dinâmicas e interessantes (Lima et al., 2020). A falta de interação no processo de ensino-aprendizagem, torna as aulas monótonas e pouco atraente para os alunos, dificultando a aprendizagem. Isto se deve, pois os alunos demonstram maior interesse e curiosidade nos mecanismos que relacionam teoria e prática (Nascimento et al., 2020).

O modelo didático elaborado foi avaliado como relevante tanto na divulgação e pesquisa científica como no processo de ensino-aprendizagem, sendo capaz de estimular a curiosidade, discussões e indagações sobre a temática (Quadro 3). A área das Ciências Biológicas contribui para a construção de uma base de conhecimentos contextualizada que estimula o estudante a julgar, elaborar argumentos, bem como fazer uso de diversas tecnologias, não se limitando à incorporação de elementos da ciência contemporânea, mas de promover aos alunos condições para o desenvolver uma visão de mundo atualizada o que inclui os princípios científicos que se baseiam. No que se refere às práticas de ensino, a utilização de modelos didáticos nas aulas, podem contribuir de forma positiva para uma aprendizagem dinâmica e atrativa, pois promove a aproximação dos alunos ao conhecimento científico e também facilita o processo de construção de conceitos (Peixoto; Freitas, 2023). Com isso, a aplicação dos modelos didáticos pelos docentes, podem contribuir com a divulgação científica na sociedade.

Quadro 3: Respostas dos juízes avaliadores e índice de avaliação de conteúdo (IVC) das perguntas acerca da relevância do produto de ensino.

Relevância do produto de ensino	Respostas dos Juízes % (n)					Índice de validade de conteúdo (IVC)
Itens	Discordo totalmente	Discordo	Indiferente	Concordo	Concordo totalmente	
O modelo didático elaborado é relevante para a divulgação científica da embriologia de D. rerio	-	-	-	-	100% (5)	1,00
O modelo didático elaborado estimula curiosidade sobre o tema	-	-	-	-	100% (5)	1,00
O modelo didático elaborado é capaz de estimular discussões e indagações sobre embriologia de D. rerio	-	-	-	-	100% (5)	1,00
O tema do artefato educacional é atual no contexto da pesquisa científica e educação	-	-	-	-	100% (5)	1,00

Fonte: os autores (2024).

O modelo didático elaborado foi avaliado como inclusivo a alunos com deficiência visual, podendo ser utilizado em salas de aula inclusivas (Quadro 4). A utilização de materiais didáticos inclusivos na educação especial de alunos com deficiência visual é necessária devido à escassez de materiais didáticos adaptados e adequados que possibilitem o aprendizado e propiciem a permanência desses alunos nas instituições de ensino para dar continuidade a sua formação tanto quanto os alunos videntes. A inclusão educacional objetiva a participação de alunos com deficiência por meio de modificações na educação comum, a fim de proporcionar a igualdade de oportunidades para que estes tenham os seus direitos assegurados. O ensino inclusivo promove a diminuição da exclusão social e escolar e propicia o aumento da participação dos alunos com deficiência no currículo escolar (Nascimento; Bocchiglieri, 2019).

Quadro 4: Respostas dos juízes avaliadores e índice de avaliação de conteúdo (IVC) das perguntas acerca de inclusão e acessibilidade.

Inclusão e acessibilidade	Respostas dos Juízes % (n)					Índice de validade de conteúdo (IVC)
Itens	Discordo totalmente	Discordo	Indiferente	Concordo	Concordo totalmente	
O modelo didático elaborado atende a alunos normovisuais e com deficiência visual	-	-	-	-	100% (5)	1,00
O modelo didático elaborado é adequado à educação inclusiva de pessoas com deficiência visual	-	-	-	-	100% (5)	1,00

Fonte: os autores (2024).

No formulário havia também um espaço aberto para sugestões para melhora do modelo didático, com resposta não obrigatória. Obtivemos 3 respostas apresentadas no Quadro 5.

Quadro 5: Respostas apuradas do campo de sugestões.

Juiz avaliador	Sugestões
1	“A utilização de animais com doenças fetais tornaria o modelo mais interativo”
2	“Se se possível trazer o modelo com o córion também para ajudar a diferenciar”
3	“O artefato apresenta algumas pequenas saliências perceptíveis ao toque. Com isso, sugiro realizar o lixamento do mesmo para que a superfície fique ainda mais homogênea”

Fonte: os autores (2024).

As sugestões possibilitaram a reavaliação e a incorporação de contribuições como lixamento do modelo didático. O processo de lixamento é utilizado para dar acabamento nas peças impressas em 3D, removendo as imperfeições, como pequenas saliências, e homogeneizar a superfície (Faustino; Stoffel, 2021).

O modelo didático foi elaborado sem o córion. Este, é uma membrana celular que envolve o embrião em seu desenvolvimento inicial até a eclosão que ocorre entre 48 -72 hpf. Essa membrana desempenha função protetora e isola o embrião do ambiente externo, durante suas fases iniciais de desenvolvimento. A remoção do córion é uma etapa importante em alguns protocolos de pesquisa, visando uma exposição mais direta do embrião ao ambiente circundante, facilitar intervenções específicas em experimentos e para melhor visualização da morfologia do embrião de *zebrafish* em desenvolvimento (Vallim, 2019).

Dessa forma, caso fosse desenvolvido com córion, a presença dele no modelo didático representativo de embrião de *zebrafish* com 24 hpf prejudica a visualização e percepção detalhada da morfologia externa do embrião, incluindo suas estruturas principais como o saco vitelínico, a extensão do saco vitelínico, as nadadeiras e os olhos. Logo, para atender aos objetivos propostos, é necessário apresentar o modelo sem o córion.

Acerca da representação de doenças fetais humanas no modelo de embrião de *D. rerio* seria interessante tanto no âmbito educacional como na divulgação da pesquisa científica, pois esse modelo, compreendendo todos os seus estágios de desenvolvimento, permite a modelagem de diversas doenças humanas, sendo útil para compreensão, seleção de medicamentos e testagem de novas terapias (Zortéa, 2020).

Portanto, após a validação por especialistas, verifica-se que o modelo didático desenvolvido tem potencial para ser inclusivo a estudantes com deficiência visual. Ademais, constatou-se que o modelo didático é semelhante ao real embrião de *D. rerio* com 24 horas pós fertilização sem o córion, sendo possível perceber suas estruturas tanto visualmente (estudantes normovisuais) como ao tatear o modelo didático 3D. O modelo didático elaborado também estimula a curiosidade sobre a temática e é interativo, mas se também houvesse a representação de alguma doença fetal humana no modelo didático de embrião de *D. rerio* com a interação seria maior, pois seria possível comparar o modelo de embrião de *zebrafish* normal com o afetado pela doença.

4 **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O artefato educacional modelo desenvolvido sobre embrião de zebrafish com 24 hpf, explora dimensões, é palpável para poder ser manuseado e proporcionar melhor compreensão do período de farínula e estrutura retratada. Sendo assim, esse modelo didático pode ser utilizado em salas de aulas inclusivas, que visem acessibi-

lidade, pois pode favorecer o processo de ensino-aprendizagem de embriologia nesse aspecto a estudantes com deficiência visual.

Além disso, esse artefato educacional contribui para divulgação científica de embriologia de *D. rerio*, que tem sido amplamente utilizado como modelo animal em pesquisas realizadas em bancada e medicina translacional devido facilidade de manusear e manipular o zebrafish e seus embriões para modelar variadas doenças humanas e testagem farmacológicas, como também pelas vantagens de utilização que esse modelo animal oferece comparado a outros vertebrados.

A validação do artefato educacional ocorreu de forma satisfatória. O modelo didático de embrião de *D. rerio* com 24 hpf foi avaliado segundo objetivos, estrutura e apresentação, relevância e inclusão e acessibilidade, onde todos os itens apresentaram IVC 1,00. É válido ressaltar que contribuições válidas foram feitas pelos juízes avaliadores de forma a contribuir com a melhora do modelo didático elaborado.

Por fim, o modelo didático em 3D desenvolvido, mostrou-se relevante para o processo de ensino-aprendizagem de estudantes normovisuais e com deficiência visual sobre embriologia, especificamente, de *D. rerio* que carece de modelos didáticos, visto que seu conhecimento está restrito ao ambiente de laboratório, concentrando-se em material teórico e visual. Assim, tornando seu conhecimento distante da sociedade em geral, e seu ensino abstrato e difícil de ser compreendido. Desse modo, o desenvolvimento de artefatos educacionais que exploram dimensões, como o que se apresenta neste artigo, são fundamentais para diminuir a abstração de conteúdos, aproximando o objeto de estudo do aluno, facilitando a assimilação de conhecimento, como os presentes em embriologia, como também, por ser palpável, contribui com a inclusão de pessoas com deficiência do visual, para que elas também tenham acesso ao conhecimento científico.

5 AGRADECIMENTOS

A primeira autora, Emilly Vitória Leonardo da Silva, agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro através de bolsa de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (PIBITI).

REFERÊNCIA

- ALBUQUERQUE K.A, et al. Contribuição dos textos de divulgação científica para a educação científica. *Conjecturas*, v. 22, n. 1, p. 1118–1140, 2022.
- ARAÚJO, M. P. M, et al. Alfabetização científica e popularização da ciência: contribuições e desafios à valorização da educação científica. *Quaestio-Revista de Estudos em Educação*, v. 24, p.1-24, 2022.
- CANEDO, A. et al.. Zebrafish (*Danio rerio*) meets bioethics: the 10Rs ethical principles in research. *Ciência Animal Brasileira*, v. 23, p. e–70884, 2022.
- CASTRO, C. H. et al. Ensino inclusivo: um breve olhar sobre a educação inclusiva, a cegueira, os recursos didáticos e a área de biologia. *Práxis*, Ano VII, n. 13, p. 61-76, 2015. Disponível em: <https://revistas.unifoa.edu.br/praxis/article/view/641>. Acesso em: 27 ago. 2022.
- CONSELHO NACIONAL DE SAÚDE. Resolução nº 510/2016. 2016. Disponível em: <http://conselho.saude.gov.br/resolucoes/2016/Reso510.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2024. LOPES, F. F. O zebrafish (*Danio rerio*) como modelo translacional para estudos comportamentais: uma revisão sistemática integrativa. 2021. 43 f. Trabalho

de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2022.

SANTOS, V. Efeitos da substância de alarme coespecífica sobre o comportamento tipo-ansiedade em peixes *Danio rerio* (zebrafish). Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Psicologia) - Faculdade de Psicologia, Instituto de Estudos em Saúde e Biológicas, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, p. 41. 2023

SILVA, L.C.R et al. Ensino de microalgas por meio de modelos didáticos: tornando o mundo microscópico visível e significativo. Revista Educar Mais, v. 5, n. 2, p. 179-197, 2021.

GERLACH, G.; LAWRENCE, C.; SMITH, C.; SPENCE, R. The behaviour and ecology of the zebrafish, *Danio rerio*. Biological Reviews, p. 13-24, 2008. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18093234/>. Acesso em: 28. ago. 2022.

KIMMEL, C. B; BALLARD, W. W; KIMMEL, S. R; ULLMANN, B; SCHILLING, T. F. Stages of Embryonic Development of the Zebrafish, p. 253-310, 1995.

LARENTIS, L. T.; AMANCIO, J. S.; GHISI, N. C. Uma abordagem prática para o ensino de genética: mapas genéticos. Arquivos do Mudi, p. 96- 106, 2020.

LIKERT, R. A technique for the measurement of attitudes. Archives of Psychology, v. 22, n. 140, p. 1-55, 1932.

LUZ, P. L. DA.; LAURINDO, F. R. M.. Medicina translacional e ciência da implementação: como transformar o que sabemos no que efetivamente fazemos. Arquivos Brasileiros de Cardiologia, v. 119, n. 2, p. 342–345, ago. 2022.

MACEDO, J. P. C. et al. A eficiência no uso do modelo tridimensional da célula animal no ensino de Biologia Celular para deficientes visuais. Brazilian Journal of Development, São José dos Pinhais-PR, v. 7, n. 6, p. 61710-61721, 2021.

MENDES, C. H. M. Os efeitos do estresse social no comportamento tipo ansiedade no zebrafish (*Danio Rerio*). 2023. 34 f. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Faculdade de Psicologia, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Pará, 2023.

MICHELOTTI, A.; LORETO, E. L. da S. Utilização de modelos didáticos tateáveis como metodologia de ensino de biologia celular em turmas inclusivas com deficientes visuais. Revista Contexto & Educação, [S. l.], v. 34, n. 109, p. 150–169, 2019. DOI: 10.21527/2179-1309.2019.109.150-169. Disponível em: <https://revistas.unijui.edu.br/index.php/contextoeducacao/article/view/8686>. Acesso em: 11 mar. 2023.

NASCIMENTO, L. M. M., BOCCHIGLIERI, A. Modelos didáticos no ensino de Vertebrados para estudantes com deficiência visual. Ciência & Educação, p. 317–332, 2019.

OLIVEIRA, M. S. et al. Uso de material didático sobre embriologia do sistema nervoso: avaliação dos estudantes. Revista Brasileira de Educação Médica, Brasília, v. 36, n. 1, p. 83-92, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbem/a/QN4Xv9v9BwtG3hWv446Cvwy/?lang=pt>. Acesso em: 27 ago. 2022.

PEIXOTO, J. V. O.; FREITAS, S. R. S. Atividades lúdicas para a divulgação científica e o ensino de biologia em ambientes extraclasse. Educere-Revista da Educação da UNIPAR, v. 23, n. 2, p. 529-546, 2023.

QUINTANEIRO, C. et al. Desenvolvimento embrionário do peixe-zebra. Captar, Portugal, v.11, p. 20, 2022. Disponível em: <https://proa.ua.pt/index.php/captar/article/view/30645>. Acesso em: 17 mar. 2022.

SANTOS, J. F. L.; BRITO, M. F. G. Educação inclusiva: modelo didático de peixe para alunos com deficiência visual no ensino de ciências e biologia. Revista Ciências & Ideias, v. 10, n. 3, p. 206-223, 2019.

SILVA, E. V. L., CADENA, P. G.,; SALES CADENA, M. R. Modelo didático de zigoto e período de clivagem de peixe-zebra (*Danio rerio*) que atende estudantes normovisuais e com deficiência visual. Revista Eletrônica Acervo Saúde, v. 10, n. 6, p. 1-13, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.25248/reas.e15472.2024> Acesso em: 06 nov. 2022.

TOLEDO, Katharine Coimbra; RIZZATTI, Ivanise Maria. Modelos atômicos e a impressora 3D: proposta para a inclusão de alunos deficientes visuais no ensino de química. Scientia Naturalis, v. 3, n. 2, 2021.

VALLIM, J. H. Avaliação dos efeitos toxicológicos do dimetoato e dimetoato nanoencapsulado em *Danio rerio* (zebrafish). 2019.

VERAS, D. S. Adaptações de imagens para alunos com deficiência visual: recursos didáticos táteis. In: Congresso internacional de Educação Inclusiva. IV CINTEDI. 2020.

ZORTÉA, N. B. O uso do peixe-zebra em modelos de obesidade e diabetes: alterações comportamentais e bioquímicas. 2020. 33 f. Dissertação (Mestrado em Envelhecimento Humano) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, RS, 2020.