



## Modelo didático de zigoto e período de clivagem de peixe-zebra (*Danio rerio*) que atende estudantes normovisuais e com deficiência visual

Didactic model of zygote and cleavage period of zebrafish (*Danio rerio*) that serves sighted and visually impaired students

Modelo didático de cigoto y período de escisión del pez cebrá (*Danio rerio*) que atiende a estudiantes videntes y con discapacidad visual

Emilly Vitoria Leonardo da Silva<sup>1</sup>, Pabyton Gonçalves Cadena<sup>1</sup>, Marília Ribeiro Sales Cadena<sup>1</sup>.

### RESUMO

**Objetivo:** Realizar monitoramento tecnológico de patentes sobre modelos didáticos de embriologia, elaborar modelo didático palpável em 3D de zigoto e embrião de *Danio rerio* (peixe-zebra) nas fases iniciais de clivagem e realizar validação. **Métodos:** O monitoramento tecnológico foi realizado na base de dados Lens (lens.org) para o código G09B. Em seguida, o modelo didático foi desenhado em 3D no Software Blender® v 3.0.1, fatiado utilizando o Software Prusa® e impresso em impressora 3D. Por último, foi realizada a pré-validação (com uma especialista) e a validação, seguindo escala Likert e método do cálculo do índice de validade de conteúdo (IVC), do modelo didático com 5 juízes avaliadores. **Resultados:** Não existem patentes de modelo didático inclusivo sobre zigoto e período de clivagem de peixe-zebra, o modelo didático foi desenvolvido e validado com todos os itens apresentando IVC igual a 1. **Conclusão:** O modelo didático elaborado tem potencial inovador, bem como amplia e auxilia o ensino-aprendizagem de embriologia de alunos normovisuais e com deficiência visual.

**Palavras-chave:** Embriologia, Modelo didático, Monitoramento tecnológico, Peixe-zebra, Validação.

### ABSTRACT

**Objective:** Carry out technological monitoring of patents on didactic embryology models, prepare a palpable 3D didactic model of *Danio rerio* (zebrafish) zygote and embryo in the initial stages of cleavage and carry out validation. **Methods:** Technological monitoring was carried out in the Lens database (lens.org) for code G09B. Then, the teaching model was designed in 3D using Blender® Software v 3.0.1, sliced using Prusa® Software and printed on a 3D printer. Finally, pre-validation (with an expert) and validation was carried out, following the Likert scale and method of calculating the content validity index (IVC), of the didactic model with 5 evaluating judges. **Results:** There are no patents for an inclusive didactic model on the zygote and cleavage period of zebrafish; the didactic model was developed and validated with all items presenting a CVI equal to 1. **Conclusion:** The didactic model developed has innovative potential, as well as expanding and assisting the teaching-learning of embryology for sighted and visually impaired students.

**Keywords:** Embryology, Didactic model, Technological monitoring, Zebrafish, Validation.

### RESUMEN

**Objetivo:** Realizar monitoramento tecnológico de patentes sobre modelos didáticos de embriología, elaborar modelo didático palpável em 3D de zigoto e embrião de *Danio rerio* (peixe-zebra) nas fases iniciais de clivagem y realizar validación. **Métodos:** El seguimiento tecnológico se realizó en la base de datos de Lens (lens.org) para el código G09B. Luego, el modelo didático fue diseñado en 3D usando el Software Blender® v 3.0.1, cortado usando el Software Prusa® e impreso en una impresora 3D. Finalmente, se realizó la prevalidación (con un experto) y validación, siguiendo la escala Likert y método de cálculo del índice de validez de contenido (IVC), del modelo didático con 5 jueces evaluadores. **Resultados:** No existen patentes para

<sup>1</sup> Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife - PE.

un modelo didáctico inclusivo sobre el cigoto y el período de escisión del pez cebra; el modelo didáctico fue desarrollado y validado con todos los ítems presentando un CVI igual a 1. **Conclusión:** El modelo didáctico desarrollado tiene potencial innovador, además de ampliar y facilitar la enseñanza-aprendizaje de la embriología para estudiantes videntes y con discapacidad visual.

**Palabras clave:** Embriología, Modelo didáctico, Monitoreo tecnológico, Pez cebra, Validación.

## INTRODUÇÃO

A disciplina de embriologia nos cursos de ciências da saúde contém parte dos conteúdos que retratam estruturas e processos diminutos que não são visíveis a olho nu, tornando o seu ensino abstrato e muitas vezes difícil de ser compreendido. Dessa forma, faz-se necessário o uso de recursos educacionais que proporcionem a aproximação do objeto de estudo ao aluno (BITENCOURT IF, et al., 2019). Nesse sentido, os modelos didáticos são uma ferramenta eficaz de utilização na abordagem de saberes complexos de ciências, pois é capaz de representar o real de forma esquematizada, interativa e concreta (SILVA HMS, 2022) quando acessíveis, exploram outros sentidos, não se restringindo ao visual que limita a participação de alunos com deficiência visual promovendo a inclusão desses estudantes (MACEDO JPC, et al., 2021).

O aluno com deficiência visual precisa desenvolver habilidades específicas desde cedo para conseguir compreender de forma eficiente as informações apresentadas. Com isso, ele desenvolve os outros sentidos de forma mais apurada, como o tato, precisando de estímulos para que consiga diferenciar as estruturas e características de uma variedade de materiais (OLEINICZAK D, et al., 2019). Assim, em ensino de embriologia pode ser útil o uso de modelos didáticos em 3D para alunos com deficiência visual.

No campo da biologia há a embriologia, que abrange os estágios do desenvolvimento embrionário do peixe-zebra (*Danio rerio*), amplamente chamado de zebrafish em laboratórios de pesquisa no Brasil onde é usado como modelo animal. Espécie de peixe esta que possui aproximação genética com o do ser humano de cerca de 70% (QUINTANEIRO C, et al., 2022). Adicionalmente, em 24 horas pós-fertilização, o embrião do zebrafish apresenta o fim do desenvolvimento do estágio de segmentação e início do estágio de farínghula o que corresponde a eventos embriológicos presentes no primeiro trimestre de gestação humana (KIMMEL CB, et al., 1995) sendo relevante seu uso para ensino de embriologia em cursos de saúde.

Caracteriza-se como problema abordado nesta pesquisa o fato de que quando se estuda embriologia, estruturas muito pequenas e processos complexos são entendidos. Estruturas estas que estão presentes apenas em imagens nos livros ou possíveis de serem visualizadas somente utilizando microscópio, o que é um dos problemas enfrentados pelos professores para lecionar a estudantes com deficiência visual (MARIANO HM, et al., 2021). Considerando a utilização dos ovos e embriões de zebrafish como modelo animal para pesquisas e das limitações que o ensino de embriologia apresenta, buscamos identificar modelos didáticos sobre o tema existentes fazendo um monitoramento tecnológico de patentes sobre o tema e desenvolvendo um modelo de embriões de zebrafish para, ao menos, solucionar parte do problema da pesquisa.

A patente é um documento que tem por finalidade conceder proteção aos progressos tecnológicos (invenção) e às melhorias funcionais no uso ou na fabricação de objetos de uso prático (modelo de utilidade), incentivando o desenvolvimento tecnológico. Desse modo, esse documento é uma das formas de proteção da propriedade intelectual. Nele há a descrição de uma invenção, e confere o direito de propriedade temporária ao titular da patente, impedindo que terceiros produzam, usem, coloquem à venda, vendam ou importem o produto/processo objeto de sua patente sem seu consentimento (INPI, 2021).

Segundo a Lei de Propriedade Industrial (LPI) para que uma invenção seja patenteada ela deve atender aos seguintes critérios: novidade (deve ser algo novo, sem antecedentes de uso e execução), atividade inventiva (a invenção não deve ser óbvia e habitual do estado da técnica) e aplicação industrial. Não é permitido patentear produto igual ou similar a outro já patenteadado. Por isso, antes de se realizar o pedido de patente, deve-se fazer o monitoramento tecnológico de patentes. Evitando, assim, a duplicidade de pesquisa e desenvolvimento (INPI, 2021).

Os objetivos da presente pesquisa foram: A) realizar monitoramento tecnológico de patentes sobre modelos didáticos de embriologia; B) elaborar modelo didático palpável de embrião de *Danio rerio* em 3D, como recurso educacional inclusivo de embriologia; e C) Validar o modelo didático elaborado. Desse modo, a construção de modelo de embrião de *Danio rerio* em 3D foi idealizada como modelo didático inclusivo para o ensino-aprendizagem de embriologia relacionada a zigoto e período de clivagem do zebrafish. Além disso, a escolha de fazer um modelo didático de embriões de zebrafish, deve-se ao fato de que esse assunto não é comum de ser explorado em sala de aula do ensino básico apesar de ser atual e inovador. Assim, o modelo didático elaborado tem proposta inclusiva, atendendo alunos normovisuais e com deficiência visual, e visa facilitar e ampliar o ensino-aprendizagem de ciências e biologia, em especial, embriologia comparada.

## MÉTODOS

Foi realizado o monitoramento tecnológico de patentes de modelo didático de embrião através de buscas na base de dados na Plataforma Lens (lens.org), utilizando as palavras-chave “peixe-zebra” e “embriologia”, e seus respectivos em língua inglesa. Em seguida, foi realizada a análise das patentes identificadas e anotando os seguintes pontos: título, ano e número de publicação e descrição da patente visando a comparação e idealização do nosso modelo didático (SILVA ARL e CADENA MRS, 2022).

As patentes foram buscadas pelo código do *International Patent Classification* (IPC), subclasse G09B (APARELHOS EDUCATIVOS OU DE DEMONSTRAÇÃO; APARELHOS PARA ENSINO OU COMUNICAÇÃO COM OS CEGOS, SURDOS OU MUDOS; MODELOS; PLANETÁRIOS; GLOBOS; MAPAS; DIAGRAMAS) (OMPI, 2023). Esse processo de busca foi realizado anteriormente ao desenvolvimento do modelo didático visando conferir e garantir que não houvesse nenhum modelo já patenteado igual ao do projeto elaborado, evitando retrabalho. Os dados foram categorizados em planilha e estão apresentados nos resultados.

Em relação à confecção, os modelos didáticos foram elaborados baseados no artigo que descreve o desenvolvimento embrionário inicial de zebrafish (KIMMEL CB, et al., 1995) e na análise do zigoto de zebrafish em laboratório. Foi realizada visita técnica para observar a rotina do Biotério do Laboratório de Ecofisiologia e Comportamento Animal (LECA-UFRPE) visando estudar e analisar as clivagens que ocorrem no embrião de zebrafish nos estágios iniciais do desenvolvimento embrionário. Posteriormente, a modelagem em 3D foi realizada no Software Blender® v 3.0.1 (Blender Foundation, Holanda, 2022).

Em seguida, o desenho em 3D foi fatiado utilizando o Software Prusa® v. 2.6.1. (Prusa Research, República Checa, 2023), onde se colocou suporte no modelo, bem como as medidas foram ajustadas para fazer a impressão em 3D. Por fim, os modelos foram impressos na impressora modelo XYZ35 TURBO (Recifemecatron) no Laboratório Plural (Departamento de Biologia – UFRPE) utilizando o filamento PLA (Ácido polilático-biodegradável).

Após a confecção do modelo, realizou-se o processo de validação que foi dividido em duas fases. A primeira fase consistiu em uma pré-validação, com uma licenciada em ciências biológicas que possui 1 ano e 10 meses de experiência na docência e 9 anos de experiência em biotério de zebrafish que auxiliou na avaliação da validação, contribuindo com sugestões para melhora do modelo didático confeccionado e também foi importante para que as autoras da presente pesquisa considerassem acrescentar um espaço aberto no formulário para que os juízes avaliadores dessem sugestões e opiniões sobre o modelo didático.

A segunda fase, validação do modelo didático, foi realizada com a participação de 5 juízes avaliadores, todos graduados em ciências biológicas, nos quais 80% (4) são licenciados e 20% (1) bacharel, vinculados à UFRPE como professor ou discente de pós-graduação, com experiência de pelo menos 1 ano em biotério de zebrafish e 60% dos avaliadores tinham experiência de pelo menos 1 ano de docência. Os juízes manusearam o modelo didático elaborado e verificaram a aplicabilidade deste por tempo em livre demanda, a partir disso eles responderam questionário online composto por perguntas objetivas de avaliação do modelo didático quanto ao objetivo, estrutura e apresentação, relevância e inclusão e acessibilidade, como também no questionário estava presente um espaço aberto para opiniões e sugestões para melhoria do artefato

educacional desenvolvido. As alternativas do questionário estavam de acordo com a escala Likert, contendo cinco níveis: Concordo Totalmente (CT), Concordo (CO), Indiferente (IN), Discordo (DI), Discordo Totalmente (DT).

Na análise das respostas dos juízes avaliadores em escala Likert foi utilizada a abordagem quantitativa com utilização do índice de validade de conteúdo (IVC). O IVC mede a concordância, em proporção ou porcentagem, dos juízes quanto a determinados aspectos de um instrumento e de seus itens (Trindade CS, et al., 2018). Neste artigo, a escala Likert possuiu pontuação de 1 a 5; na escala, Discordo Totalmente correspondendo a 1 e Concordo Totalmente correspondendo a 5 e demais níveis em proporcionalidade. O cálculo do IVC de cada item do instrumento foi feito somando as respostas dos especialistas com pontuação 4 e 5 e dividindo o resultado da soma pelo número total de respostas. O índice preferível de concordância para validação é aquele maior que 0,90 e o índice mínimo aceitável é de 0,80 (XIMENES MAM, et al., 2019).

## RESULTADOS e DISCUSSÃO

### Monitoramento tecnológico

Acerca da procura por patentes de modelos didáticos sobre embriologia de zebrafish não foram identificados resultados. Para a procura foi utilizada a palavra-chave “zebrafish”; para o código IPC G09B nas bases de patentes. Enquanto para a palavra chave “embriologia”; foram identificadas 10 patentes, mas nenhuma relacionada a modelo didático inclusivo sobre zigoto ou período de clivagem de *Danio rerio*. O Quadro 1 apresenta as patentes identificadas com seu Título, Descrição, Número e Ano da Publicação. Todas são de patentes de artefatos didáticos por ter sido usado o IPC G09B (ver metodologia).

**Quadro 1** - Patentes de modelos didáticos (IPC\* G09B) sobre embriologia identificadas no monitoramento tecnológico.

Título da Patente**	Descrição da Patente	Número de Publicação	Ano de Publicação
Auxílio de ensino para separação do tronco arterial em embriologia e uso de método de auxílio ao ensino	Consiste nas representações de tronco arterial humano, incluindo representação normal, anormal e alterada	CN 112767807 A	2021
Auxílio pedagógico de embriologia	Consiste em representação do septo atrial em embriões humanos e simulação do fluxo sanguíneo sob essa condição atípica	CN 210777451 U	2020
Auxílio didático para embriologia da separação do tronco arterial	Consiste em representações do tronco arterial humano e malformação congênita da artéria pulmonar do ser humano, demonstrando como ocorre o fluxo sanguíneo sob essa condição atípica	CN 214410472 U	2021
Dispositivo de ensino de experimento de embriologia tecidual	Consiste em um modelo de utilidade composto por uma caixa de preservação de calor, uma mesa de operação e uma mesa de refrigeração. O dispositivo tem a função de selar e refrigerar blocos de cera contendo tecido, a fim de preservá-lo, evitando contaminação por poluentes externos.	CN 212434027 U	2021



Título da Patente**	Descrição da Patente	Número de Publicação	Ano de Publicação
<p>Auxílio didático de demonstração de geração de intestinos para o ensino de embriologia</p>	<p>O modelo de utilidade refere-se a um auxiliar didático, em particular a um auxiliar didático de demonstração da geração de intestinos para o ensino de embriologia. O modelo do trato digestivo é composto por um núcleo interno composto por um fio elétrico ou cabo revestido por uma bainha, uma camada de enchimento que é enrolada na superfície externa do núcleo interno no sentido axial e é feita de um material poroso e fofo, e uma camada protetora que reveste a superfície externa da camada de enchimento e é formada por um primeiro tecido, representando uma parte de esôfago, uma parte de distensão gástrica, uma parte de duodeno, uma parte do intestino médio e uma parte de intestino posterior de cima para baixo. O modelo de utilidade resolve o problema de que não há nenhum auxílio didático para demonstrar o desenvolvimento do embrião humano e a geração do intestino médio no ensino atual.</p>	<p>CN 209625590 U</p>	<p>2019</p>
<p>Método de exibição e sistema de exibição para dados de embriologia</p>	<p>O método compreende as etapas de recebimento de solicitação de verificação de dados tridimensionais de embriologia do corpo humano enviada por um usuário: analisar a solicitação de verificação e determinar um ponto de conhecimento alvo na embriologia humana solicitada para ser verificada pelo usuário; chamar dados tridimensionais pré-construídos do ponto de conhecimento alvo e enviar e exibir os dados tridimensionais para uma interface de usuário.</p>	<p>CN 109993837 A</p>	<p>2019</p>
<p>Método para evisceração do complexo de órgãos do sistema reprodutivo em ratas fêmeas</p>	<p>Consiste em realizar a extirpação do útero de uma rata grávida para obtenção de amostragem de material fetal, após, realizado preparo fetal utilizando instrumentos microcirúrgicos. O método visa a realização de estudos do sistema reprodutor feminino em animais experimentais no período pré-natal tardio.</p>	<p>2725278 do Reino Unido C1</p>	<p>2020</p>
<p>Sistema de ensino de simulação virtual de embriologia fundido com jogo de realidade virtual</p>	<p>Consiste em módulo de explicação do conhecimento (apresentação introdutória do conhecimento de embriologia), módulo de prática de jogo de animação (exibição do processo de fertilização em forma de jogo de animação de realidade virtual) e um módulo de avaliação do conhecimento teórico de embriologia humana.</p>	<p>CN 114550554 A</p>	<p>2022</p>

Título da Patente**	Descrição da Patente	Número de Publicação	Ano de Publicação
Um método de aplicação do sexto dedo no ensino experimental de histologia e embriologia	O método utiliza tecido do sexto dedo humano para observar o tecido epitelial, conjuntivo, ósseo e muscular no ensino de histologia e embriologia.	CN 104916200 A	2015
Um conjunto de treinamento em embriologia baseado em comunicação sem fio	A invenção compreende uma meia peça com etiqueta de comunicação sem fio, uma meia parte correspondente, uma etiqueta de comunicação sem fio e uma tela de base, um RFID ou leitor NFC, uma entrada USB, pelo menos uma bateria integrada ou uma entrada principal de eletricidade, um microprocessador e um software. Na tela de base podem ser exibidos informações sobre tecidos, órgãos ou organismo de estudo.	WO 2022/265593 A1	2022

**Legenda:** \*IPC: Sistema de Classificação Internacional de Patentes, sigla em inglês. \*\* Tradução livre para português realizado pelas autoras. **Fonte:** Silva EVL, et al., 2024.

### Desenvolvimento do modelo didático

No que se refere ao desenvolvimento do modelo didático desenvolvido, para compreendê-lo vamos primeiramente entender o desenvolvimento do zigoto e período de clivagem do *zebrafish*. Assim que o óvulo de *Danio rerio* é fecundado ele se torna zigoto (embrião com uma célula) e após 30 - 45 min começa o período de divisão celular (mitose) agora no período de clivagem. Os dois blastômeros formados possuem o mesmo tamanho e clivam incompletamente. Já no estágio de quatro células, os quatro blastômeros estão na proporção 2x2 (KIMMEL CB, et al., 1995) (Figuras 1A, 1B, 1C, 2A, 2B, 2C).

No estágio de oito células a clivagem ocorre em dois planos paralelos e separados. Dessa forma, os blastômeros se organizam no blastodisco em uma matriz 2x4. Na próxima etapa, 16 células são formadas através das clivagens. As clivagens desse estágio também ocorrem em dois planos paralelos dispostos em qualquer lugar do segundo, originando uma matriz 4x4 de células. Neste estágio, as células se separam completamente uma das outras pela primeira vez. Os quatro blastômeros centrais são as células completas e os demais são chamados de blastômeros marginais, pois se dividiram incompletamente, eles estão ligados à célula vitelínica por pontes citoplasmáticas (KIMMEL CB, et al., 1995) (Figuras 1D, 1E, 2D e 2E).

Continuamente, outras clivagens ocorrem e o embrião atinge a fase de 32 blastômeros organizados em uma matriz 4x8. Por conseguinte, chega-se ao estágio de 64 células, mas agora, alguns blastômeros cobrem totalmente outros pela primeira vez (KIMMEL CB, et al., 1995) (Figuras 1F, 1G, 2F e 2G).

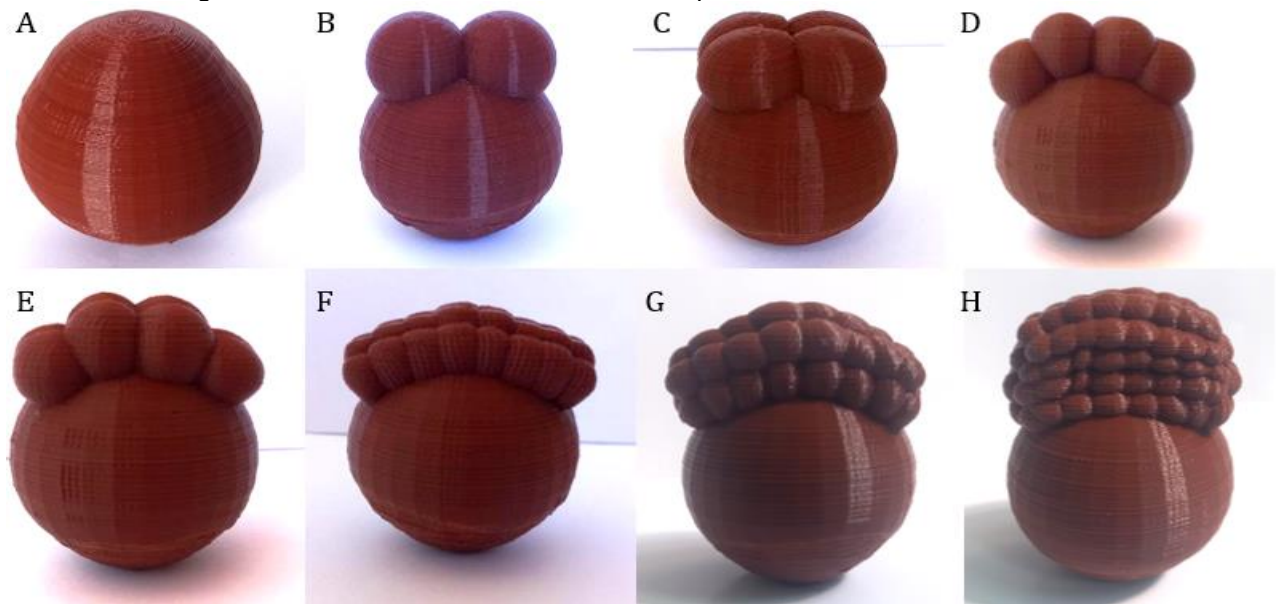
No estágio de 128 células o blastodisco se parece com uma bola e esse período é conhecido como blástula. No início da blástula, a camada marginal dos blastômeros tem um caminho único e permanecem ligados citoplasmaticamente a célula vitelínica. Os 128 blastômeros se organizam como um monte alto de células na célula vitelínica (KIMMEL CB, et al., 1995) (Figuras 1H e 2H).

Dessa forma, neste artigo foi desenvolvido o modelo didático do Zigoto e Período de Clivagem Inicial do *zebrafish* (Figuras 1 e 2), no qual é acessível e pode ser utilizado para compreender os estágios iniciais do desenvolvimento embrionário, mitose, tipo de célula ovo, tipo de segmentação, melhor compreensão e visualização do polo vegetativo e polo animal do ovo embrionário e as proporções nas quais os blastômeros se organizam na célula vitelínica. Como também, por esse modelo didático estar tratando dos estágios iniciais

do desenvolvimento embrionário pode proporcionar a abordagem para estudo de malformações congênitas, na qual uma falha nos processos do desenvolvimento embrionário, como erro nas etapas de segmentação, acarreta anomalias estruturais e funcionais no organismo ou torna o ovo inviável.

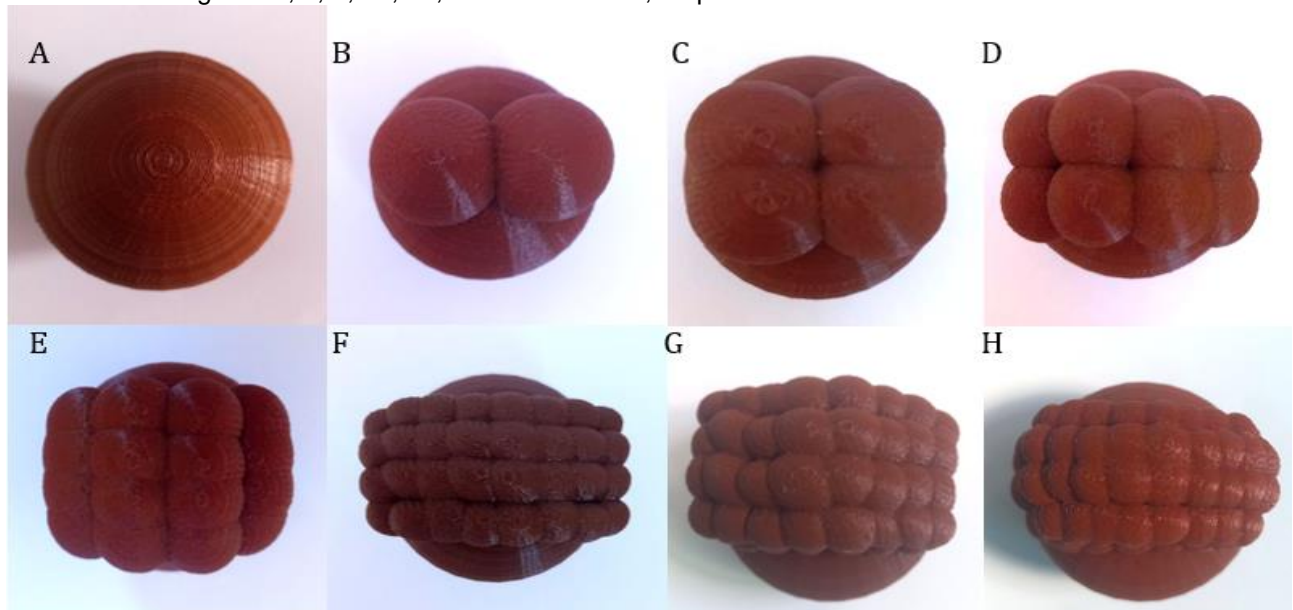
Além disso, o zigoto, e etapas de clivagem e embrião de *D. rerio* são, no real, estruturas e processos microscópicos e quanto suas imagens representativas presentes nos livros didáticos, majoritariamente, se limitam ao visual restringindo a participação de alunos com deficiência visual. Com isso, o modelo didático em 3D de zigoto e período de clivagem de zebrafish pode ampliar a compreensão espacial dessas estruturas e processos e diminuir a abstração e dificuldades do ensino-aprendizagem de embriologia. Desse modo, a ferramenta educacional desenvolvida neste plano de trabalho tem potencial inovador e amplia o ensino-aprendizagem de embriologia para alunos normovisuais e com deficiência visual.

**Figura 1** - Vista frontal do Modelo Didático do Zigoto e Período de Clivagem do Zebrafish. A: Zigoto. B a H: Período de clivagem - 2, 4, 8, 16, 32, 64 e 128 células, respectivamente.



**Fonte:** Silva EVL, et al., 2024.

**Figura 2:** Vista superior do Modelo Didático do Zigoto e Período de Clivagem do Zebrafish. A: Zigoto. B a H: Período de clivagem - 2, 4, 8, 16, 32, 64 e 128 células, respectivamente



**Fonte:** Silva EVL, et al., 2024.

## Pré-validação

Baseada no artigo de Oliveira T, et al. (2021), essa etapa foi realizada a fim de verificar se o questionário de validação estava completo, com perguntas pertinentes aos modelos, de modo a agregar com sugestões para melhora e possíveis modificações. Como também, essa fase funcionou como um teste para analisar a apresentação do modelo e realizar alterações antes de apresentá-los para os juízes avaliadores.

Quanto ao questionário com 15 perguntas, as autoras do presente artigo consideraram incluir um espaço aberto ao fim de cada sessão para sugestões e opiniões, já que a especialista que realizou a pré-validação teve considerações a fazer sobre o modelo didático elaborado, mas no formulário não havia nenhum espaço para isso.

Em relação ao modelo didático elaborado, a especialista consultora da pesquisa recomendou que o modelo didático representativo de embrião de zebrafish no estágio de 128 células, tivesse as células maiores para facilitar a percepção ao toque e contagem das células por estudantes com deficiência visual.

Condizente com a sugestão da especialista, de acordo com Nascimento LMM e Bocchiglieri A (2019), a utilização de material pedagógico, especialmente inclusivo a alunos com deficiência visual, deve apresentar tamanho adequado, evitando que seja muito pequeno ou muito grande para não alterar detalhes ou seu contexto.

Assim, a sugestão foi considerada, visando a eficiência do modelo didático elaborado com proposta inclusiva. A pré-validação foi essencial no processo de construção do modelo didático para atender tanto a alunos normovisuais como a alunos com deficiência visual.

## Validação

A validação foi constituída por um formulário de 15 questões objetivas e um item discursivo, onde os juízes avaliadores consultores da pesquisa puderam opinar e dar sugestões sobre o modelo didático elaborado. Por meio da participação de cinco especialistas, foram avaliados critérios de objetividade, estrutura e apresentação, relevância científica e educacional e inclusão e acessibilidade do produto de ensino. Os itens aprovados na validação foram os que alcançaram índice de validade (IVC) igual ou superior a 0,80. O quadro 2 apresenta os resultados obtidos.

Ao observar os resultados do quadro 2, nota-se uma excelente avaliação quanto ao objetivo do produto de ensino, considerando que o modelo didático representativo de zigoto e período inicial de clivagem de embrião de *Danio rerio* assemelha-se ao real e proporciona a percepção das divisões celulares. Modelos didáticos semelhantes a real estrutura e/ou organismo escolhido para representação materializam esses saberes, contribuindo para uma aula dinâmica e propiciando uma melhor assimilação do conteúdo pelo estudante (LARENTIS LT, et al., 2020).

Conteúdos abstratos, como os restritos a visualização apenas em imagens e microscópio, nos quais a embriologia de zebrafish se enquadra, necessitam de uma abordagem diferencial, tendo em vista que a maioria das escolas públicas do Brasil não possuem estrutura física e equipamentos suficientes, a utilização de recursos educacionais que propiciem a aproximação do objeto de estudo com o estudante e um ensino-aprendizagem significativo, é necessária (SILVA HMS, 2022). Nesse contexto, o modelo didático elaborado materializa o conteúdo abordado, por ser semelhante ao zigoto e embrião de *Danio rerio* em estágios iniciais de clivagem, sendo uma ferramenta educacional potencial de ser utilizada em sala de aula no ensino de embriologia.

Quanto à estrutura e apresentação do modelo didático elaborado, que leva em consideração tamanho, textura e a promoção da interação, as respostas do quadro 2 mostram que esse item também foi avaliado de forma positiva.

O material utilizado na confecção do modelo didático é leve e quanto ao tamanho das oito peças que compõem o modelo, seguiu a linha de pensamento de Nascimento LM e Bocchiglieri (2019), os quais defendem que os modelos didáticos não devem ser muito pequenos ou muito grandes para não haver



alteração de detalhes ou de seu contexto. Assim, o artefato educacional desenvolvido foi impresso com tamanho de aproximadamente 6 cm de altura e 4 cm de largura pensando em promover uma boa percepção às estruturas e características representadas, colaborando para uma melhor interação.

A interação do artefato educacional desenvolvido ocorre pela visualização (estudantes videntes) manuseio e tateamento, corroborando para diminuir a abstração do conteúdo, despertar a curiosidade sobre a temática e levantamento de dúvidas. Isso está de acordo com o que é defendido por Michelotti A e Loreto ELS (2019), os quais apontam que a interação dos alunos com um modelo didático auxilia o aprendizado, onde o aluno ao visualizar, manipular e tatear o artefato educacional se aproxima do objeto de estudo. Como também, Peixoto JVO e Freitas SRS (2023) consideram que um modelo didático interativo desperta o interesse do aluno, pois foge da monotonia das aulas expositivas e potencializa a participação dos estudantes.

Em relação à relevância tanto no contexto educacional, como para a divulgação científica da embriologia de *D. rerio*, o modelo didático foi avaliado de forma satisfatória. A divulgação científica tem por finalidade proporcionar a integração e diálogo entre o conhecimento científico e sociedade de forma mais popular e compreensível (Albuquerque KA, et al., 2022).

Tendo em vista que o *D. rerio* é muito utilizado nos laboratórios de pesquisa em saúde devido a suas vantagens como modelo animal (Rivero-Wendt CLG, et al., 2021) e que o conhecimento sobre essa espécie de peixe e sua utilização em pesquisas não devem se restringir ao ambiente acadêmico e aos laboratórios que o utilizam, o modelo didático elaborado traz de forma concreta, didática e facilitada um conhecimento científico, podendo ser utilizado em sala de aula e manuseado pelos alunos, contribuindo com a divulgação científica sobre zigoto e embriões de *D. rerio*.

Analisando o quadro 2, item sobre inclusão e acessibilidade, observa-se que o modelo didático elaborado foi avaliado de forma positiva quanto a esse item. A preocupação em desenvolver um modelo didático acessível a estudantes com deficiência visual tem sido tema de discussão no cenário educacional, visto que a Educação Inclusiva visa a reestruturação do ambiente educacional para possibilitar o aprendizado de pessoas com deficiência, de forma a garantir a equidade de oportunidades a todos (MAIA VO e FREIRE S, 2020). Dessa forma, pensando em novas formas de ensinar e no desenvolvimento de recursos educacionais adequados que atendam a pessoas com deficiência, em especial de alunos com deficiência visual, a utilização de modelos didáticos inclusivos que exploram o tato é um meio de promover a aprendizagem significativa desses estudantes que não se beneficiam do recurso de imagem para compreender conceitos (SANTOS JFL e BRITO MFG, 2019).

No questionário de validação também havia um espaço em branco, com resposta não obrigatória, para que os juízes avaliadores deixassem suas opiniões e sugestões para melhoria do modelo didático. Como resultado obtivemos 3 respostas: o juiz 1 sugeriu que “Para estimular mais a curiosidade seria interessante a associação deste modelo com representações didáticas de animais com doenças fetais”. A sugestão foi interessante tanto do ponto de vista educacional quanto da pesquisa científica, já que é possível observar efeitos teratogênicos em embriões de zebrafish devido a exposição às substâncias tóxicas, efeito esse analisado em pesquisas em toxicologia (VALLIM JH, 2019).

O juiz 2 deixou a seguinte declaração: “Os modelos de 32 e 64 células são bem parecidos e tive dificuldade de diferenciá-los só com o tato. Talvez aumentar a proporção dos modelos ajude. Em relação ao material utilizado, achei muito bom e bem leve, apesar que a textura um pouco áspera de algumas partes influenciou um pouco na minha percepção”, essa resposta relaciona-se com a do juiz 3 “O artefato apresenta algumas saliências perceptíveis ao toque, para que a textura fique mais homogênea, sugiro realizar o lixamento do mesmo”. Analisando as respostas dos juízes consultores, percebe-se que as proeminências presentes no artefato educacional, ocasionou uma sensação áspera da superfície do modelo didático, dificultando e alterando a percepção ao toque. Entretanto, esse problema pode ser resolvido com o lixamento das peças assim como sugestão do juiz 3 e também pela literatura de Faustino J e Stoffel SCG (2021), os quais apontam que o processo de lixamento em peças impressas em 3D remove as imperfeições da superfície, melhorando a aparência e textura do objeto.

**Quadro 2** - Resposta dos juízes avaliadores e índice de avaliação de conteúdo (IVC) das perguntas acerca dos objetivos do produto de ensino, estrutura e apresentação do produto de ensino, relevância do produto de ensino e inclusão e acessibilidade.

	Itens	Respostas dos Juízes % (n)					Índice de validade de conteúdo (IVC)
		Discordo totalmente	Discordo	Indiferente	Concordo	Concordo totalmente	
Objetivos do produto de ensino	O modelo didático elaborado assemelha-se ao zigoto e embriões no período de clivagem inicial reais de <i>D. rerio</i>	-	-	-	-	100% (5)	1,00
	O modelo didático elaborado representa as divisões celulares de forma correta	-	-	-	-	100% (5)	1,00
	O tateamento do artefato educacional permite o reconhecimento do polo animal e polo vegetativo do embrião de <i>D. rerio</i>	-	-	-	-	100% (5)	1,00
	É possível reconhecer diferença entre zigoto e embriões no período de clivagem inicial	-	-	-	-	100% (5)	1,00
	Proporciona a percepção da proporção das divisões celulares que ocorrem no embrião de <i>D. rerio</i>	-	-	-	-	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

	Itens	Respostas dos Juízes % (n)					Índice de validade de conteúdo (IVC)
		Discordo totalmente	Discordo	Indiferente	Concordo	Concordo totalmente	
Estrutura e apresentação do produto de ensino	O modelo didático elaborado apresenta tamanho adequado para ter a percepção das características da estrutura representada	-	-	-	20% (1)	80% (4)	1,00
	O material utilizado na confecção do artefato educacional possui textura adequada	-	-	-	40% (2)	60% (4)	1,00
	O modelo didático elaborado é interativo	-	-	-	-	100% (5)	1,00
Relevância do produto de ensino	O modelo didático elaborado é relevante para a divulgação científica da embriologia de <i>D. rerio</i>	-	-	-	-	100% (5)	1,00
	O modelo didático elaborado estimula curiosidade sobre o tema	-	-	-	20%(1)	80% (4)	1,00
	O modelo didático elaborado é capaz de estimular discussões e indagações sobre embriologia de <i>D. rerio</i>	-	-	-	-	100% (5)	1,00
	O tema do artefato educacional é atual no contexto da pesquisa científica e educação	-	-	-	-	100% (5)	1,00

	Itens	Respostas dos Juízes % (n)					Índice de validade de conteúdo (IVC)
		Discordo totalmente	Discordo	Indiferente	Concordo	Concordo totalmente	
Inclusão e acessibilidade	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: Silva EVL, et al., 2024.

## CONCLUSÃO

O modelo didático tridimensional sobre zigoto e período de clivagem de *Danio rerio* foi desenvolvido e tem potencial inovador, pois como apresentado no resultado do monitoramento tecnológico de patentes para o código G09B, não há modelo didático inclusivo sobre embriologia de zebrafish. Além disso, o modelo didático elaborado foi validado, de acordo com a escala Likert e método do cálculo de índice (IVC), obtendo índice 1 em todos os itens. Desse modo, o modelo didático em 3D desenvolvido é relevante para a divulgação científica de zigoto e embriões de *Danio rerio* em período inicial de clivagem e pode ser utilizado no processo de ensino-aprendizagem tanto a alunos videntes como alunos com deficiência visual, favorecendo a educação inclusiva nesse aspecto e potencializando o ensino-aprendizagem na área de embriologia.

## AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo auxílio financeiro por meio de Bolsa do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) para EVL Silva e a FACEPE - Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de PE pelo financiamento do projeto (#APQ-0972-2.10/22) pelo apoio financeiro.

## REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE KA, et al. Contribuição dos textos de divulgação científica para a educação científica. *Conjecturas*, 2022; 22(1): 1118–1140.
- BITENCOURT IF, et al. Construção de modelo didático adaptado para cegos: confeccionando células. *Pesquisa e Prática em Educação Inclusiva*, Manaus, 2019; 2(4): 250-256.
- DUARTE ACO, SANTOS LC. Uso de modelos tridimensionais no ensino superior nas disciplinas de embriologia, citologia, genética e biologia molecular. *Research, Society and Development*, 2022; 11(12): 590111235215-590111235215.
- FAUSTINO J, STOFFEL SCG. Desenvolvimento de modelo de mandíbula em impressão 3D para fins didáticos. 2021.
- INPI. Instituto Nacional de Propriedade Intelectual - Manual Básico para Proteção por Patentes de Invenções, Modelos de Utilidade e Certificados de Adição. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/inpi/pt-br/servicos/patentes/guia-basico/ManualdePatentes20210706.pdf>. Acesso em: 05 fev. 2023.



6. KIMMEL CB, et al. Stages of Embryonic Development of the Zebrafish, 1995; 253-310p.
7. LARENTIS LT, et al. Uma abordagem prática para o ensino de genética: mapas genéticos. Arquivos do Mudi, 2020; 96-106p.
8. 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, 2021; 7(6): 61710-61721.
9. MAIA VO, FREIRE S. A diferenciação pedagógica no contexto da educação inclusiva. Revista Exitus, 2020; 10: e020003.
10. MARIANO HM, et al. O ensino de ciências para alunos com deficiência visual: identificando limites e possibilidades por meio de uma revisão sistemática da literatura. Revista Brasileira de Educação em Ciências e Educação Matemática, 2021; 5(2): 313–343.
11. MICHELOTTI A, LORETO ELS. Utilização de modelos didáticos tateáveis como metodologia de ensino de biologia celular em turmas inclusivas com deficientes visuais. Revista Contexto & Educação, 2019; 34(109): 150–169.
12. NASCIMENTO LMM, BOCCHIGLIERI A. Modelos didáticos no ensino de Vertebrados para estudantes com deficiência visual. Ciência & Educação, 2019; 317–332p.
13. OLEINICZAK D, et al. A inter-relação entre o tato e o paladar: novas perspectivas para o ensino de deficientes visuais na disciplina de Biologia. Revista de ensino de ciências e matemática, 2019; 10(5): 22-31.
14. OLIVEIRA T, et al. Sequência Didática para Elaboração de Paródias em Educação Ambiental: Validação de Produto de Ensino. Revista Práxis, 2021; 13(1): 38-47.
15. OMPI. Organização mundial da Propriedade Intelectual – Classificação Internacional de Patentes (IPC) (Versão 2020). 2020. Disponível em: [https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/pt/wipo\\_pub\\_gii\\_2020.pdf](https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/pt/wipo_pub_gii_2020.pdf). Acesso em: 05 fev. 2023.
16. PIEKAS, MI. Considerações sobre elaboração de desenhos bidimensionais tangíveis no contexto da deficiência visual. In: Congresso Internacional de Design da Informação, 10., 2021, Curitiba. Anais... Curitiba: Sociedade Brasileira de Design da Informação, 2021; 708-720p.
17. QUINTANEIRO C, et al. Desenvolvimento embrionário do peixe-zebra. Captar, Portugal, 2022; 1: e20.
18. RIVERO-WENDT CLG, et al. Zebrafish: Recomendações de Manutenção em Laboratório. Uniciências, 2021; 24(2): 141–145.
19. SANTOS JFL, BRITO MFG. Educação inclusiva: modelo didático de peixe para alunos com deficiência visual no ensino de ciências e biologia. Revista Ciências & Ideias, 2019; 10(3): 206-223.
20. SILVA ARL, CADENA MRS. Modelos didáticos em anatomia e embriologia: monitoramento tecnológico de artigos e patentes, acessibilidade e inclusão. Olhar de Professor, Ponta Grossa, 2022; 25:1-23.
21. SILVA HMS. OBSERVAÇÕES DE UMA OFICINA ORIENTADA SOBRE DIVISÃO CELULAR: contribuições e possibilidades para o ensino de genética e biologia molecular através da construção de modelos didáticos. Scientia Generalis, 2022; 3(1):1–21.
22. TRINDADE CS, et al. Processo de construção e busca de evidências de validade de conteúdo da equalis-OEA. Aval. psicol., Itatiba, 2018; 2: 271-277.
23. VALLIM, JH. Avaliação dos efeitos toxicológicos do dimetoato e dimetoato nanoencapsulado em *Danio rerio* (zebrafish). Tese (Doutorado em Biologia Funcional e Molecular) - Instituto de Biologia. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2019; 114 p.
24. XIMENES, Maria Aline Moreira et al. Construção e validação de conteúdo de cartilha educativa para prevenção de quedas no hospital. Acta paulista de enfermagem, 2019; 32: 433-441.