



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

**VALIDAÇÃO DE MODELO DIDÁTICO PARA O ENSINO DE MUTAÇÕES
GENÉTICAS ACESSÍVEL A ESTUDANTES NORMOVISUAIS E COM
DEFICIÊNCIA VISUAL**

MARIANA MENDES RIBEIRO

RECIFE

2025

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

**VALIDAÇÃO DE MODELO DIDÁTICO PARA O ENSINO DE MUTAÇÕES
GENÉTICAS ACESSÍVEL A ESTUDANTES NORMOVISUAIS E COM
DEFICIÊNCIA VISUAL**

MARIANA MENDES RIBEIRO

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Licenciatura
em Ciências Biológicas da Universidade
Federal Rural de Pernambuco, como
requisito parcial para obtenção do título
de Graduação em Biologia.

Orientadora: Marília Ribeiro Sales Cadena

RECIFE

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Bibliotecário(a): Lorena Teles – CRB-4 1774

R484v Ribeiro, Mariana Mendes.
Validação de modelo didático para o ensino de mutações genéticas acessível a estudantes normovisuais e com deficiência visual: trabalho de conclusão de curso / Mariana Mendes Ribeiro. - Recife, 2025.
33 f.; il.

Orientador(a): Marília Ribeiro Sales Cadena.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Licenciatura em Ciências Biológicas, Recife, BR-PE, 2026.

Inclui referências, apêndice(s) e anexo(s).

1. Genética - Estudo e ensino. 2. Biologia molecular . 3. Educação inclusiva . 4. Imagem tridimensional 5. Prática de ensino. I. Cadena, Marília Ribeiro Sales, orient. II. Título

CDD 574

MARIANA MENDES RIBEIRO

**VALIDAÇÃO DE MODELO DIDÁTICO PARA O ENSINO DE MUTAÇÕES
GENÉTICAS ACESSÍVEL A ESTUDANTES NORMOVISUAIS E COM
DEFICIÊNCIA VISUAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Graduação em Biologia.

Aprovado em: 18/12/2025

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a Marília Ribeiro Sales Cadena (Orientadora)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof.^a Dr.^a Maria de Mascena Diniz Maia (Examinador Interno)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof.^a Dr.^a Renata Meireles Oliveira Padilha (Examinador Externo)
Secretaria de Educação de Pernambuco

Prof.^a Dr.^a Thamiris Pinheiro Santos (Suplente)
Secretaria de Educação de Pernambuco

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todos aqueles que vivem em um mundo que nem sempre os enxerga, especialmente nós que convivemos com limitações visuais e, ainda assim, seguimos ampliando horizontes que muitos acreditam inalcançáveis. A cada pessoa que já foi subestimada, silenciada ou escanteada não por falta de potencial, mas por falta de acessibilidade.

Que este trabalho seja, para nós, um gesto de respeito, reconhecimento e esperança. Que possamos, juntos, transformar aquilo que nos limita em força para reconstruir caminhos mais amplos, mais justos e verdadeiramente nossos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, antes de tudo, à minha orientadora, Marília Ribeiro Sales, pela dedicação, paciência e pela postura profissional inspiradora com que guiou cada etapa deste trabalho. Seu compromisso com uma educação verdadeiramente inclusiva e universalmente acessível não é apenas um exemplo, mas também foi essencial para que este estudo se tornasse realidade. Levo comigo cada conselho e cada aprendizado que me ensinaram a pensar sempre além.

Aos professores avaliadores, que contribuíram com seu olhar atento, crítico e acolhedor, oferecendo sugestões que não apenas possuem potencial para aprimorar o modelo didático, mas ampliaram a profundidade deste trabalho. Sou imensamente grata pelo tempo, pela experiência e pela generosidade de cada um de vocês.

À minha família, com quem aprendi o significado mais verdadeiro e profundo do amor, que sempre me envolveram em cuidado e carinho, e que segue sendo minha base para absolutamente tudo desde que vim ao mundo. A meus pais, Mércia e Sóstenes, que sempre fizeram da educação um princípio inegociável e nunca deixam de lutar para ampliar nossos horizontes de oportunidades, nos mostrando diariamente o poder e a importância do amor e da parceria na vida. À minha irmã, Manuela, minha alma gêmea, com quem divido os risos, pensamentos intrusivos e a leveza todos os dias, com ela mais aprendo do que ensino e sei que permanecemos juntas além de qualquer fim. Ao meu companheiro, João Heitor, que há uma década comemora junto comigo cada conquista e transforma cada obstáculo em uma parceria, com quem aprendi a preciosidade de dividir a vida, seguiremos juntos alcançando nossos sonhos cercados das nossas longas horas de conversas, risos e filosofias improváveis sobre o mundo.

Aos meus amigos, poucos mas essenciais, que são parte indispensável da minha vida e estão sempre por mim, em especial Wellington e Matheus, com quem consigo ser genuinamente eu mesma em todos momentos, com quem compartilho as alegrias, tristezas e caos da vida; onde descobri o verdadeiro pertencimento que o tempo não é capaz de desfazer.

A cada pessoa que, direta ou indiretamente, acreditou em mim, meu sincero agradecimento.

Ensinar exige respeito à autonomia do educando. Exige sensibilidade para reconhecer que cada sujeito aprende de forma única, e que a tarefa ética do educador é criar condições para que todos tenham acesso ao mundo do conhecimento (PAULO FREIRE, 1996).

RESUMO

A Genética, embora central para a formação científica, ainda é ensinada de forma predominantemente teórica e abstrata no contexto escolar, o que dificulta a compreensão de conceitos moleculares. Diante desse cenário, este trabalho teve como objetivo validar um modelo tridimensional didático sobre mutações genéticas, desenvolvido por impressão 3D e projetado para ser acessível a estudantes videntes, daltônicos e com deficiência visual. A pesquisa adotou abordagem qualitativa e quantitativa e envolveu a avaliação de seis docentes especialistas em Genética, que analisaram o recurso quanto à clareza conceitual, relevância pedagógica e acessibilidade, utilizando a escala Likert e o Índice de Validade de Conteúdo (IVC). Os resultados revelaram elevado consenso entre os avaliadores, com IVC = 1,00 na maioria dos itens, confirmando a clareza conceitual, a pertinência pedagógica e a funcionalidade inclusiva do modelo na representação de diferentes tipos de mutações e na identificação de códons. As sugestões qualitativas concentraram-se em ajustes operacionais, como espaçamento entre peças e extensão do cordão, que aperfeiçoam a usabilidade sem alterar a coerência científica do protótipo. A análise das percepções sobre inovação destacou que a acessibilidade ampliada também constitui elemento inovador no ensino de Genética. Conclui-se que o modelo é um recurso robusto, inclusivo e efetivo para apoiar o ensino de Biologia molecular, contribuindo para tornar conteúdos abstratos mais tangíveis e promover práticas educativas mais equitativas.

Palavras-chave: modelo tridimensional; acessibilidade; validação; ensino de Genética; biologia molecular.

ABSTRACT

Genetics, although central to scientific education, is still predominantly taught in a theoretical and abstract manner in school contexts, which hinders the understanding of molecular concepts. In this context, the present study aimed to validate a three-dimensional didactic model on genetic mutations, developed through 3D printing and designed to be accessible to sighted, color-blind, and visually impaired students. The research adopted qualitative and quantitative approaches and involved the evaluation of six Genetics specialists, who assessed the resource regarding conceptual clarity, pedagogical relevance, and accessibility using a Likert scale and the Content Validity Index (CVI). The results revealed a high level of agreement among the evaluators, with a CVI of 1.00 in most items, confirming the model's conceptual clarity, pedagogical relevance, and inclusive functionality in representing different types of mutations and identifying codons. The qualitative suggestions focused on operational adjustments, such as spacing between pieces and cord length, which enhance usability without compromising the scientific coherence of the prototype. The analysis of perceptions regarding innovation indicated that expanded accessibility also constitutes an innovative element in Genetics education. It is concluded that the model represents a robust, inclusive, and effective resource to support the teaching of Molecular Biology, contributing to making abstract content more tangible and promoting more equitable educational practices.

Keywords: three-dimensional model; accessibility; validation; Genetics teaching; Molecular Biology.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Modelo didático representativo de mRNA selvagem e dos tipos com mutação. A) Selvagem. B) Com mutação de substituição para códon de parada. C) Com mutação de Deleção. D) Com mutação de substituição sem mudança de aminoácido. E) Com mutação de substituição com mudança de aminoácido. F) Com mutação de inserção.....**19**

LISTA DE QUADROS

- Quadro 1.** Questões da ficha de atividade sobre o conteúdo de mutações genéticas aplicada aos docentes avaliadores.....**20**
- Quadro 2.** Respostas dos juízes avaliadores e índice de avaliação de conteúdo (IVC) das perguntas acerca dos objetivos e funcionalidades do modelo didático.....**22**
- Quadro 3.** Respostas dos juízes avaliadores e índice de avaliação de conteúdo (IVC) das perguntas acerca da estrutura e apresentação do produto de ensino.....**24**
- Quadro 4.** Respostas dos juízes avaliadores e índice de avaliação de conteúdo (IVC) das perguntas acerca da relevância do produto de ensino.....**26**
- Quadro 5.** Respostas dos juízes avaliadores e índice de avaliação de conteúdo (IVC) das perguntas acerca da inclusão e acessibilidade do material didático.....**27**

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
2.1 A IMPORTÂNCIA DA GENÉTICA NA FORMAÇÃO CIENTÍFICA E AS DIFICULDADES NO ENSINO.....	13
2.2 ABORDAGENS INOVADORAS E RECURSOS DIDÁTICOS ACESSÍVEIS NO ENSINO DE GENÉTICA.....	14
2.3 VALIDAÇÃO DE MATERIAIS DIDÁTICOS.....	16
3. OBJETIVOS.....	18
3.1 OBJETIVO GERAL.....	18
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
4. METODOLOGIA.....	19
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	29
REFERÊNCIAS.....	31

1. INTRODUÇÃO

A Genética é uma área da Biologia que fornece subsídios para compreender processos fundamentais da vida, como a hereditariedade, a variabilidade dos organismos e a evolução, e constitui um dos pilares da Biologia moderna, com aplicações na medicina, na agricultura, na biotecnologia e na conservação da biodiversidade (Griffiths *et al.*, 2008). Considerando a centralidade da Genética na Biologia, sua relevância se reafirma quando Snustad, Simmons e Gallo (2013) apontam que o DNA, responsável por codificar as informações genéticas dos seres vivos, constitui-se como elemento fundamental na transmissão das características hereditárias entre gerações. Nesse sentido, compreender os mecanismos que regem o material genético ultrapassa a dimensão escolar e se configura como parte essencial da formação científica e cidadã.

No entanto, mesmo sendo um tema essencial, o ensino de Genética nas escolas brasileiras ainda ocorre de forma limitada, muitas vezes restrito à abordagem teórica presente em livros didáticos que podem estar desatualizados (Batista, 2019); resultando em um aprendizado fragmentado, marcado pela memorização de leis e conceitos, sem que os alunos consigam estabelecer conexões com situações reais do cotidiano. Apesar de sua importância, pesquisas indicam que a aprendizagem da Genética é dificultada pelo caráter abstrato do conteúdo, pela linguagem técnica e pela ausência de metodologias ativas. Mascarenhas *et al.* (2016), em estudo com alunos do Ensino Médio, apontam que a falta de recursos práticos compromete o engajamento e a compreensão dos estudantes, cenário reforçado por Sousa *et al.* (2016), que identificaram a predominância de metodologias tradicionais baseadas na exposição oral e na reprodução de conteúdos em livros, o que limita o desenvolvimento do raciocínio crítico e científico.

Diante disso, torna-se necessário repensar as práticas pedagógicas, explorando a Genética de forma integrada entre teoria e prática para que os alunos compreendam não apenas conceitos abstratos, mas também suas implicações na vida e na sociedade (Liebmann; Corrêa; Almeida, 2023). Nesse contexto, a utilização de modelos didáticos tridimensionais tem se consolidado como estratégia promissora, ao transformar conteúdos invisíveis em representações concretas, manipuláveis e acessíveis. Rezende e Gomes (2018), ao empregarem modelos didáticos no ensino de Genética, constataram

avanços significativos na assimilação dos conceitos, com maior participação dos alunos e estímulo ao aprendizado coletivo.

O desenvolvimento de modelos didáticos acessíveis representa um passo importante em direção à inclusão, pois a garantia de acessibilidade no contexto educacional não se configura apenas como uma escolha pedagógica, mas como um direito assegurado pela Lei nº 13.146/2015 (Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência), a qual garante às pessoas com deficiência igualdade de oportunidades e condições adequadas de aprendizagem. Vieira *et al.* (2024) destacam que materiais pedagógicos adaptados, ao incorporarem recursos táteis e visuais diferenciados, contribuem tanto para alunos com deficiência visual quanto para estudantes videntes, tornando o ensino mais democrático e equitativo. O modelo didático apresentado neste trabalho, elaborado para representar os principais tipos de mutações genéticas, alia esse caráter inclusivo à inovação tecnológica, utilizando impressão 3D e elementos táteis que permitem a exploração por diferentes perfis de aprendizes, incluindo daltônicos e pessoas com deficiência visual (Cadena; Sales-Cadena, 2020).

Portanto, o presente trabalho busca validar com professores de genética a aplicabilidade desse recurso, registrado sob patente no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (BR 202018068534-7 U2), como estratégia pedagógica no ensino de Genética molecular. O modelo proposto visa favorecer a compreensão de conteúdos abstratos, como o de mutações genéticas, e, ao mesmo tempo, promover a inclusão educacional, tornando as aulas mais significativas, interativas e acessíveis. Dessa forma, a pesquisa contribui não apenas para o avanço das metodologias no ensino de Biologia, mas também para a construção de um ambiente escolar mais justo, em que todos os estudantes tenham condições reais de aprender e se desenvolver.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A IMPORTÂNCIA DA GENÉTICA NA FORMAÇÃO CIENTÍFICA E AS DIFICULDADES NO ENSINO

A Genética ocupa posição central na Biologia contemporânea e é considerada um dos eixos estruturantes dessa ciência, visto que ao investigar os mecanismos de transmissão da informação hereditária, esse campo fornece explicações para a diversidade biológica e para os processos evolutivos, além de oferecer subsídios

práticos para a medicina, a biotecnologia e a agricultura (Snustad; Simmons; Gallo, 2013).

Pierce (2016) enfatiza que o estudo da Genética é essencial não apenas para estudantes da área de Ciências Biológicas, mas para todos os cidadãos, já que suas aplicações impactam diretamente a vida em sociedade, especialmente em campos como a saúde pública e a alimentação. De modo semelhante, Griffiths *et al.* (2008) ressaltam que os princípios genéticos são universais entre os organismos e atuam como um dos pilares de unificação da Biologia. A partir dessa perspectiva, a compreensão de processos como mutação, recombinação e expressão gênica assume papel relevante na formação científica crítica, pois permite aos estudantes interpretar fenômenos naturais, refletir sobre as implicações da engenharia genética e compreender desafios contemporâneos relacionados à preservação da biodiversidade.

No entanto, estudos como os de Martinez *et al.* (2008) e Santos *et al.* (2010) indicam que os conteúdos de Genética estão entre os mais desafiadores para os alunos da educação básica, sobretudo em razão da elevada abstração, da complexidade terminológica e da ausência de exemplos práticos, fatores que dificultam a aprendizagem.

Uma pesquisa realizada por Mascarenhas *et al.* (2016) revela que a predominância de metodologias expositivas tradicionais resulta em aulas pouco interativas, nas quais os estudantes apresentam dificuldades em acompanhar apenas por meio da oralidade do professor. Além disso, a falta de recursos didáticos concretos contribui para que o ensino de Genética seja percebido como distante da realidade dos alunos, Sousa *et al.* (2016) confirmam esse cenário em escolas públicas do Ceará, onde destacam que a escassez de metodologias práticas limita o interesse e a compreensão do conteúdo. Esse panorama aponta para a necessidade urgente de inovação pedagógica no ensino de Genética, de modo a superar a visão reducionista de que se trata apenas de um conjunto de conceitos a serem memorizados.

2.2 ABORDAGENS INOVADORAS E RECURSOS DIDÁTICOS ACESSÍVEIS NO ENSINO DE GENÉTICA

Diante das dificuldades relatadas, a literatura aponta as metodologias ativas como uma alternativa para o aprimoramento do ensino. Campos *et al.* (2008) defendem

que o ensino deve ser compreendido como mediação de saberes, organizada de modo a promover a construção do conhecimento. Nessa perspectiva, o emprego de modelos didáticos tridimensionais são descritos como recursos que favorecem ao estudante visualizar e manipular representações de processos e estruturas não observáveis a olho nu.

Rezende e Gomes (2018), ao utilizarem modelos didáticos no ensino de Genética com alunos do Ensino Médio, identificaram não apenas melhorias no aprendizado, mas também maior engajamento e participação dos estudantes. De forma semelhante, Temp (2011) ressalta que tais recursos permitem complementar os livros didáticos, muitas vezes limitados na apresentação gráfica e na contextualização dos conteúdos.

Duarte e Santos (2022) reforçam que o uso de materiais tridimensionais possibilita que os alunos relacionem teoria e prática, favorecendo a aprendizagem significativa. Isso é particularmente importante em conteúdos como mutações genéticas, que envolvem estruturas moleculares e alterações invisíveis ao olho humano.

Além disso, no campo da educação inclusiva, estudos indicam que abordagens pedagógicas inovadoras adquirem maior relevância. A inclusão escolar é compreendida como processo que requer a reorganização das práticas de ensino para contemplar todos os estudantes. Nesse contexto, o desenvolvimento de recursos acessíveis são apontados como instrumentos para assegurar a participação equitativa em sala de aula. Vieira *et al.* (2024) destacam que modelos tridimensionais adaptados, ao incorporarem cores perceptíveis por daltônicos e texturas táteis para deficientes visuais, ampliam não apenas a aprendizagem dos estudantes com deficiência, mas também enriquecem a experiência dos alunos videntes.

O modelo didático aqui analisado e registrado sob patente no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (BR 202018068534-7 U2) foi projetado com essa perspectiva, elaborado para representar mutações silenciosas, de sentido trocado, inserções, deleções e mutações no códon de parada, o recurso combina cores, formas e texturas para facilitar a identificação das bases nitrogenadas (adenina, uracila, citosina e guanina), tornando o conteúdo acessível a diferentes perfis de estudantes (Cadena; Sales-Cadena, 2020).

2.3 VALIDAÇÃO DE MATERIAIS DIDÁTICOS

A validação de materiais pedagógicos é descrita na literatura como etapa relevante no processo de construção de recursos educacionais, por contribuir para que estes atendam às demandas de clareza conceitual, relevância pedagógica e acessibilidade. Essa análise, realizada por especialistas, é apontada como procedimento que favorece a consistência científica do conteúdo, e possibilita avaliar a adequação metodológica e o potencial de aplicabilidade em contextos reais de ensino. Conforme destaca Guarda (2023), a validação de conteúdo, conduzida com base na avaliação de clareza e pertinência por especialistas e apoiada por índices como o de validade de conteúdo (IVC), constitui procedimento amplamente utilizado para assegurar a precisão e a confiabilidade de instrumentos educacionais. Dessa forma, a validação não se restringe à certificação do produto, mas se integra como parte do processo de aprimoramento contínuo do recurso. Nesse sentido, validar materiais didáticos significa ir além de sua construção física; trata-se de assegurar que eles cumpram seu propósito educativo.

Estudos sobre validação indicam que a integração de métodos quantitativos e qualitativos constitui procedimento recorrente em pesquisas aplicadas. Enquanto a análise quantitativa permite mensurar o grau de concordância entre especialistas acerca da clareza e da pertinência do recurso, a análise qualitativa possibilita examinar percepções mais amplas, como limitações identificadas, sugestões de melhorias e potencial de aplicabilidade em contextos diversos. Essa combinação metodológica amplia a abrangência do processo de validação e a análise da adequação do material ao público-alvo, conforme discutem Silva *et al.* (2022) ao abordarem o uso de métodos mistos como estratégia para integrar dados quantitativos e qualitativos e enriquecer a interpretação dos resultados em investigações aplicadas.

O Índice de Validade de Conteúdo (IVC) foi escolhido nesta pesquisa como instrumento para quantificar a concordância entre juízes acerca de atributos de um recurso pedagógico na presente pesquisa. Mattos (2021) afirma que esse tipo de análise estatística confere objetividade à avaliação e permite estabelecer se cada item do material corresponde aos critérios esperados de acurácia científica, compreensibilidade, aplicabilidade e inclusão, uma vez que o IVC avalia a clareza, pertinência e relevância

dos itens de um instrumento, proporcionando indicadores confiáveis para ajustes e melhorias.

A validação de materiais didáticos é apresentada como etapa estruturante no desenvolvimento de recursos educacionais. No caso do modelo tridimensional sobre mutações genéticas, essa etapa possibilita examinar sua pertinência científica e assegurar que ele cumpra sua função inclusiva e pedagógica. Souza *et al.* (2020) destacam que a participação de especialistas na avaliação de recursos educacionais contribui para identificar e corrigir limitações, fortalecendo a confiabilidade e a efetividade do material. Nesse sentido, práticas de validação conduzidas por especialistas são associadas ao fortalecimento da credibilidade do recurso perante a comunidade acadêmica, ao indicar que o produto final não seja apenas inovador em sua concepção, mas também eficaz, confiável e alinhado às reais necessidades do processo de ensino-aprendizagem em Biologia.

Assim, validar um modelo didático não se limita a confirmar sua aplicabilidade, mas assegura que ele atenda às necessidades pedagógicas e inclusivas propostas, garantindo consistência científica e potencial para utilização em diferentes contextos educacionais, considerando que a validação deve levar em conta a adequação do material ao conteúdo e a capacidade de aplicação em diferentes situações educativas, permitindo sua ampliação e efetividade prática (Ribeiro, 2023).

Silva, Cadena e Sales-Cadena (2024a), ao desenvolverem um modelo didático sobre o zigoto e o período de clivagem do peixe-zebra (*Danio rerio*), evidenciaram que a avaliação por juízes especializados contribuiu diretamente para o aperfeiçoamento do material, garantindo precisão biológica e reforçando seu papel pedagógico. De maneira semelhante, Guimarães e Sales-Cadena (2024), em estudo com um caso ficcional voltado à influência do estilo de vida sobre a acne, destacaram que a validação por especialistas possibilitou adequar conceitos científicos ao público-alvo, além de ampliar a aplicabilidade prática do recurso. Essas experiências reforçam a importância de integrar especialistas no processo de avaliação, uma vez que sua visão crítica possibilita ajustes que tornam o produto final mais consistente e eficaz.

Silva, Cadena e Sales-Cadena (2024b) também ressaltam que a validação de modelos tridimensionais no ensino de Biologia permite identificar barreiras pedagógicas

e propor soluções que favorecem a aprendizagem. Ao trabalharem com um recurso voltado ao desenvolvimento embrionário do *Zebrafish*, os autores demonstraram que a análise criteriosa de especialistas garantiu a adequação do modelo tanto em termos de conteúdo quanto de usabilidade em sala de aula. Esses resultados demonstram que a etapa de validação não é apenas confirmatória, mas constitutiva da própria elaboração dos materiais didáticos, pois possibilita um aperfeiçoamento constante entre a concepção do recurso e sua aplicação educacional.

O modelo didático analisado neste trabalho, registrado sob patente no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (BR 202018068534-7 U2), foi projetado para representar diferentes tipos de mutações genéticas (silenciosas, de sentido trocado, sem sentido, inserções, deleções e mutações no códon de parada). A validação com professores especialistas em Genética torna-se imprescindível para confirmar se essas representações são claras, acessíveis e pedagogicamente relevantes. Além disso, a etapa de validação tem como objetivo possibilitar a coleta de contribuições valiosas para o aprimoramento do modelo, consolidando-o como um recurso inovador para o ensino de Biologia molecular.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Validar com professores especialistas modelo didático tridimensional sobre mutações genéticas, considerando sua relevância pedagógica, clareza conceitual e acessibilidade.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar questionário para validação de modelo didático tridimensional sobre mutações genéticas;
- Validar o modelo didático tridimensional sobre mutações genéticas com professores especialistas;
- Entender relevância pedagógica, clareza conceitual e acessibilidade de modelo didático tridimensional sobre mutações genéticas;
- Recolher contribuições de especialistas para aperfeiçoar o modelo didático.

4. METODOLOGIA

A pesquisa apresenta abordagem qualitativa e quantitativa, centrada no processo de validação de um produto educacional. O objeto de estudo é um modelo didático tridimensional sobre mutações genéticas, desenvolvido por meio de impressão 3D com filamento PLA, combinando cores e formas que permitem o uso tanto por estudantes videntes quanto por daltônicos e deficientes visuais. Foi realizado depósito de patente de modelo de utilidade sobre o objeto em questão (Cadena; Sales-Cadena, 2020). Para confecção do modelo foi utilizado design de miçangas 3D que possui licença Creative Commons - Atribuição - Uso não comercial (Green, 2014), conforme a proposta deste modelo didático.

Figura 1. Modelo didático representativo de mRNA selvagem e dos tipos com mutação. A) Selvagem. B) Com mutação de substituição para códon de parada. C) Com mutação de Deleção. D) Com mutação de substituição sem mudança de aminoácido. E) Com mutação de substituição com mudança de aminoácido. F) Com mutação de inserção.

Chave das bases: ■ Adenina, ■ Uracila, ■ Citosina, □ Guanina



Fonte: Autoras do trabalho.

A etapa de validação foi realizada com seis docentes especialistas em genética, selecionados com base em sua experiência de ensino (mínimo de um ano) e atuação acadêmica em Ciências Biológicas. Os especialistas foram convidados a manipular o modelo e realizar uma ficha de atividades voltadas ao conteúdo de mutações genéticas

para simular sua aplicabilidade em contexto de sala de aula, composta por questões apresentadas no Quadro 1, além de responder a um questionário avaliativo estruturado em escala Likert de cinco pontos, abrangendo as dimensões: objetivos, estrutura e apresentação, relevância e acessibilidade do modelo didático.

Quadro 1 - Questões da ficha de atividade sobre o conteúdo de mutações genéticas aplicada aos docentes avaliadores.

Nº	Enunciado da Questão
Questão 1	Com base na seguinte chave de bases: AUG-UUU-CCU-AAU-UGU-CCU-UAA, identifique qual dos artefatos apresentados representa corretamente essa sequência de códons.
Questão 2	Utilizando a tabela de referência de códons para a formação dos aminoácidos (fornecida no questionário), determine a sequência de aminoácidos correspondente à proteína que tem a sequência de códons da questão anterior.
Questão 3	Analisar os demais artefatos fornecidos e identificar neles quais representam mutação com substituição (indique o tipo), inserção ou deleção.

As respostas quantitativas foram analisadas por meio do Índice de Validade de Conteúdo (IVC), conforme metodologia proposta por Souza *et al.* (2017), de modo a mensurar o grau de concordância entre os avaliadores. Já as contribuições qualitativas foram examinadas por meio de análise de conteúdo, possibilitando identificar aspectos positivos e pontos a serem aprimorados no produto.

O processo de validação busca garantir que o modelo didático não apenas apresente consistência conceitual, mas também cumpra sua função pedagógica e inclusiva, constituindo um recurso relevante para o ensino de Genética em diferentes ambientes educacionais.

O modelo didático tridimensional utilizado neste estudo foi desenvolvido para representar diferentes tipos de mutações genéticas e possui registro de patente de

modelo de utilidade junto ao Instituto Nacional da Propriedade Industrial (BR 202018068534-7 U2). Sua concepção baseia-se na representação de sequências de nucleotídeos do RNA mensageiro (mRNA) transcrito a partir de DNA. As sequências de mRNA apresentadas podem representar cadeia oriunda de sequências DNA com mutação, permitindo identificar mutações silenciosas, de sentido trocado, inserções, deleções, mutações no códon de parada e alterações na matriz de leitura. Para isso, as bases nitrogenadas (adenina, citosina, guanina e uracila) foram confeccionadas em unidades tridimensionais diferenciadas por cores e formas, garantindo acessibilidade a estudantes videntes, daltônicos e com deficiência visual. Essas unidades podem ser encaixadas ou unidas em cordões, possibilitando a montagem de diferentes sequências e a comparação entre cadeias normais e mutadas. Além disso, o recurso contempla a utilização de quadros de referência adaptados, incluindo versão em Braille, assegurando sua aplicabilidade em contextos inclusivos. Dessa forma, o modelo alia precisão conceitual e versatilidade didática, constituindo-se em ferramenta pedagógica inovadora para o ensino de Biologia molecular (Cadena; Sales-Cadena, 2020; Brasil, 2020).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação do modelo didático tridimensional sobre mutações genéticas foi conduzida com um conjunto de seis avaliadores todos vinculados à Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) com título de doutor. Todos possuem experiência comprovada em docência e atuação na área de Genética, variando entre 1 e 40 anos de atividade profissional. Esse perfil de avaliadores conferiu ao processo uma análise criteriosa, tanto sob o ponto de vista pedagógico quanto científico, garantindo que a avaliação fosse fundamentada em prática de ensino real e conhecimento técnico sólido.

O modelo didático, apresentado na sessão metodologia, baseia-se na representação tátil e visual das bases nitrogenadas do mRNA e na comparação entre sequências selvagens e mutadas, permitindo a identificação imediata de tipos de mutações genéticas, como silenciosas, de sentido trocado, inserções, deleções e mutações para códon de parada. Esse caráter materialmente manipulável, conforme defendem Rezende e Gomes (2018), favorece a compreensão de conteúdos moleculares abstratos e fortalece a construção ativa de conhecimento pelos estudantes. Então, seu caráter acessível e inclusivo está alinhado às recomendações de Vieira *et al.* (2024), que

ênfatizam a importância de recursos pedagógicos multissensoriais no ensino de Biologia para estudantes com diferentes perfis perceptivos.

A análise dos resultados obtidos segue organizada de acordo com as sessões avaliativas que compõem o formulário de validação, articulando os índices de validade de conteúdo (IVC) e os comentários qualitativos dos especialistas. Seguindo Lynn (1986), reconhecida por sistematizar parâmetros de aceitação de itens com $IVC \geq 0,80$, adotamos esse critério para considerar os itens aprovados, contudo, neste estudo, a ampla maioria atingiu $IVC = 1,00$, o que evidencia alto grau de consenso entre os avaliadores.

Os itens presentes no Quadro 2 demonstram concordância unânime entre os avaliadores, com $IVC = 1,00$ em todos os aspectos que foram analisados a respeito dos objetivos e funcionalidades do produto de ensino. Os especialistas reconheceram que o modelo representa adequadamente as sequências de nucleotídeos do mRNA e permite identificar diferentes códons e comparar sequências mutadas e não mutadas, confirmando que o recurso cumpre sua função de tornar o conteúdo molecular tangível para o estudante.

Quadro 2 - Respostas dos juízes avaliadores e índice de avaliação de conteúdo (IVC) das perguntas acerca dos objetivos e funcionalidades do modelo didático.

Itens	Respostas dos Juízes (%)					IVC
	Discordo Totalmente	Discordo	Indiferente	Concordo	Concordo Totalmente	
O modelo didático representa sequências de nucleotídeos de mRNA		-		16,7% (1)	83,3% (5)	1,00
O modelo didático permite identificar os diferentes códons do mRNA quando tabela de códons é utilizada		-		16,7% (1)	83,3% (5)	1,00
O modelo didático possibilita a		-		16,7% (1)	83,3% (5)	1,00

comparação entre sequências com e sem mutação mRNA				
O modelo didático representa de forma objetiva os diferentes tipos de mutações genéticas	-	16,7% (1)	83,3% (5)	1,00
O modelo didático favorece a identificação do códon de iniciação (AUG) e dos códons de parada	-	16,7% (1)	83,3% (5)	1,00

As sugestões apresentadas pelos avaliadores nessa sessão não questionam a eficácia do material, mas apontam oportunidades de aprimoramento para otimizar seu uso em situações específicas, como, por exemplo, no caso de estudantes com deficiência visual total ou perfis neurodivergentes, como TDAH. A seguinte recomendação do juiz 5: "Caso esse modelo seja aplicado a alunos com deficiência visual total ou TDAH recomendo utilizar uma sequência de RNAm menor para o RNAm selvagem e para o RNAm mutante.", retrata sobre utilizar cadeias de mRNA mais curtas em situações específicas e evidencia sensibilidade à sobrecarga cognitiva e ao manuseio tátil em condições de percepção limitada. Da mesma forma, o juiz 5 salientou: "O cordão (fio de nylon) pode ser mais comprido para que os alunos consigam separar as bases em trincas, além de contar a quantidade de bases com mais facilidade.", essa sugestão de ampliar o espaçamento entre as peças reflete uma preocupação quanto ao fator humano, não conceitual, voltada a facilitar a manipulação sem comprometer a representação biológica. Ainda conforme a avaliação desses especialistas, juiz 2 comentou que "Acredito que alguns ajustes no modelo, quanto ao espaçamento das peças pode melhorar sua representação.", observações que reforçam a necessidade de pequenos ajustes operacionais sem alterar o princípio pedagógico do modelo.

Além disso, a observação referente ao aumento do comprimento do cordão também se alinha à intenção de permitir uma segmentação mais intuitiva das bases em trincas, favorecendo a compreensão da lógica de leitura dos códons pelo mRNA. Cabe

ressaltar que tais sugestões funcionam como ajustes operacionais e não como correções conceituais, evidenciando que o modelo, em sua configuração atual, já é funcional e pedagogicamente eficaz. Como discutido por Souza *et al.* (2020), a contribuição de especialistas nesse tipo de avaliação tem justamente esse papel de promover refinamentos que potencializam a usabilidade do material em contextos reais de sala de aula.

No Quadro 3, os itens avaliados novamente atingem IVC = 1,00, demonstrando que a estrutura física e a apresentação foram bem recebidas. Os avaliadores reconheceram a diferenciação das bases nitrogenadas por cores e formatos, bem como a adequação do tamanho e proporção das peças para o manuseio em ambiente escolar.

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

Itens	Respostas dos Juízes (%)					IVC
	Discordo Totalmente	Discordo	Indiferente	Concordo	Concordo Totalmente	
O modelo apresenta bases nitrogenadas diferenciadas por cores e formas, facilitando a identificação	-	-	-	16,7% (1)	83,3% (5)	1,00
As peças que compõem o modelo permitem a comparação entre fitas representativas de mRNA com e sem mutação	-	-	-	-	100%	1,00
O tamanho e a proporção das peças do modelo são adequados para o manuseio em sala de aula	-	-	-	33,3% (2)	66,7% (4)	1,00

Em uma das contribuições qualitativas o juiz 1 sugeriu: "Os formatos das peças são um pouco semelhantes, sugiro utilizar formatos mais diferenciados, como círculo,

quadrado, triângulo e hexágono, por exemplo. As cores parecem bem adequadas.", essa sugestão busca reforçar a distinção tátil, ainda que a versão atual já apresenta formatos distintos conforme as possibilidades técnicas da impressão 3D. É importante esclarecer que o material foi confeccionado em filamento biodegradável PLA (Ácido Polilático), utilizado em impressão 3D, o que impõe limites geométricos naturais ao tipo de acabamento gerado pela extrusão. Ainda assim, mesmo dentro dessas possibilidades técnicas, a diferenciação por formato é significativa e pode ser reconhecida tanto visualmente quanto pelo número de lados e relevos presentes em cada peça. A identificação tátil pelo número de superfícies (quatro lados, três lados, e outras) reforça a acessibilidade para usuários com baixa ou nenhuma visão.

Como é argumentado por Santos *et al.* (2019), a interação manual com modelos didáticos favorece o envolvimento ativo do estudante, e esse aspecto foi amplamente validado pelos avaliadores, uma vez que o modelo estimula a exploração tátil, aproxima o aluno da abstração molecular e amplia sua capacidade de visualizar o processo de leitura genética.

Os itens avaliados no Quadro 4 também apresentaram índices altamente positivos, com IVC = 1,00 em quase todos os elementos, exceto no item referente ao “O produto tem caráter inovador em comparação a outros modelos de ensino de genética”, que apresentou resultado de IVC = 0,67.

Essa divergência não demonstra uma falha do modelo, mas sim uma compreensão distinta do conceito de inovação pedagógica. Como argumentam Guimarães e Sales-Cadena (2024), a função de um recurso didático não depende apenas da novidade material, mas de como ele se articula a uma intencionalidade pedagógica e à prática docente. Do ponto de vista da propriedade intelectual, a inovação envolve apresentar uma solução com características funcionais inéditas ou aprimoradas, o que reforça o caráter diferenciador do modelo ao integrar acessibilidade, usabilidade e representação molecular em um único recurso.

O juiz 2 ao marcar a opção “indiferente” afirmou: “O potencial é atingido, desde que o material esteja atrelado à proposta pedagógica de modo coerente com o objetivo da aprendizagem. Sobre o caráter inovador, vejo o material desenvolvido com um recurso alternativo, mas em termos de aprendizagem não acredito que seja superior a outro modelo com outro tipo de material.”. O juiz 4 justificou a marcação de “discordo” relatando: “Já vi outros modelos bons. Este modelo é bom para daltônico.” e ressaltou que tais materiais já conhecidos normalmente não são tão resistentes e não contemplam

simultaneamente a acessibilidade para daltônicos e pessoas com baixa visão. Essas análises não desqualificam o modelo, pelo contrário, pois evidenciam que ele expande a funcionalidade dos recursos já disponíveis ao incorporar uma dimensão inclusiva mais ampla, universal e cuidadosamente planejada.

Segundo Gonçalves (2025), a inovação em materiais didáticos não se limita à forma ou à técnica, ela se concretiza quando o recurso melhora a aprendizagem e amplia o acesso ao conhecimento. Nesse sentido, propostas que tornam o conteúdo mais inclusivo também configuram inovação pedagógica, pois transformam a experiência de estudantes com diferentes necessidades. A observação também reforça que o impacto pedagógico do material depende da forma como será integrado ao processo de ensino e de acordo com a perspectiva de Elias e Rico (2020), a mediação docente é determinante na mobilização de questionamentos, na articulação entre teoria e prática e na promoção de participação ativa dos estudantes no processo de aprendizagem.

Quadro 4 - Respostas dos juízes avaliadores e índice de avaliação de conteúdo (IVC) das perguntas acerca da relevância do produto de ensino.

Itens	Respostas dos Juízes (%)					IVC
	Discordo Totalmente	Discordo	Indiferente	Concordo	Concordo Totalmente	
O modelo é relevante para o ensino de mutações genéticas em sala de aula	-	-	-	-	100%	1,00
O modelo tem potencial de favorecer maior engajamento dos alunos ao transformar conteúdos abstratos em representações concretas	-	-	-	-	100%	1,00
O recurso tem potencial de estimular discussões sobre mutações genéticas em sala	-	-	-	16,7% (1)	83,3% (5)	1,00

de aula						
É aplicável em diferentes contextos educacionais, formais e não formais		-		-	100%	1,00
O produto tem caráter inovador em comparação a outros modelos de ensino de genética	-	16,7% (1)	16,7% (1)	-	66,7% (4)	0,67

Portanto, o resultado desse item não mostra uma fragilidade no modelo, mas evidencia diversidade de percepções pedagógicas entre avaliadores, o que em si, também enriquece o processo de análise.

Os resultados do Quadro 5 demonstram unanimidade quanto à capacidade inclusiva do modelo, com IVC = 1,00 em todos os itens avaliados. Os especialistas concordam que as cores utilizadas são adequadas para percepção por pessoas daltônicas e que os diferentes formatos das unidades contribuem para a identificação das bases nitrogenadas por estudantes com deficiência visual.

Quadro 5 - Respostas dos juízes avaliadores e índice de avaliação de conteúdo (IVC) das perguntas acerca da inclusão e acessibilidade do material didático.

Itens	Respostas dos Juízes (%)					IVC
	Discordo Totalmente	Discordo	Indiferente	Concordo	Concordo Totalmente	
O recurso pode ser utilizado tanto por alunos normovisuais quanto por estudantes com daltonismo e deficiência visual		-		33,3% (2)	66,7% (4)	1,00
As cores utilizadas nas peças do modelo podem ser percebidas por pessoas com		-		-	100%	1,00

daltonismo				
O uso de diferentes formas de miçangas é útil para diferenciar diferentes bases nitrogenadas no contexto do modelo didático para alunos normovisuais e com deficiência visual.	-	33,3% (2)	66,7% (4)	1,00

Além disso, o juiz 5 observou que “Alunos com deficiência visual podem se beneficiar se houver possibilidade de deslocar as peças no cordão (vai facilitar a contagem e a separação das trincas).”, portanto, essa sugestão contribui para o trabalho com estudantes cegos ou com baixa visão, facilitando a formação de trincas e a contagem tátil da sequência de nucleotídeos.

Para além disso, reconheceram que o recurso pode beneficiar não apenas pessoas com deficiência visual, mas também estudantes neurodivergentes, como aqueles com autismo e TDAH, que frequentemente respondem melhor a estímulos táteis e cinestésicos. No que se refere à ampliação da acessibilidade, o juiz 6 destacou que o modelo:

- Constitui ferramenta inovadora para o ensino de Genética Molecular;
- Permite manipulação tátil e distinção por forma e cor;
- Beneficia pessoas com deficiência visual (cegos e baixa visão);
- Representa base essencial para explicar de onde vem tanta diversidade biológica por meio de representações simples manipuláveis, sensoriais e combináveis;
- Pode também favorecer outras pessoas com deficiência (PCD), ampliando sua acessibilidade e impacto pedagógico;
- Além das pessoas cegas ou com baixa visão, o modelo pode ser adaptado para:
 - Pessoas com deficiência auditiva, que se beneficiam de recursos visuais e táteis para compreender conceitos abstratos;
 - pessoas com dificuldades de leitura e escrita, que podem encontrar no modelo uma forma atrativa de representar sequências genéticas;

- Pessoas neurodivergentes (como autistas ou com TDAH) que aprendem melhor por meio de estímulos visuais, táteis e cinestésicos;
- Pessoas com deficiência intelectual, que podem inicialmente acessar conteúdos de baixa complexidade, facilitando a compreensão dos fundamentos da estrutura do RNAm, comum a todos os seres vivos.

Essa visão ampliada do público-alvo do modelo reforça seu potencial democrático e equitativo, conforme descrito por Vieira *et al.* (2024), que defendem que recursos multissensoriais agregam valor para todos os estudantes, não apenas para os que possuem deficiência. Assim, o modelo se consolida como ferramenta pedagógica que transcende barreiras perceptivas, tornando-se instrumento potente para diversificação metodológica no ensino de Genética.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O modelo didático tridimensional para representação de mutações genéticas, objeto da presente pesquisa, demonstrou ser um recurso pedagógico relevante, acessível e funcional para o ensino de mutações em genética molecular, integrando elementos visuais e táteis que facilitam a compreensão de conceitos abstratos. A avaliação por seis docentes especialistas revelou alto grau de concordância quanto aos objetivos, à estrutura e apresentação, à relevância e à inclusão do recurso, com índices de validade de conteúdo (IVC) majoritariamente elevados, atingindo $IVC = 1,00$. Os juízes reconheceram que o modelo, registrado sob patente no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (BR 202018068534-7 U2), representa adequadamente sequências de nucleotídeos de mRNA, permite a identificação de códons e favorece a comparação entre cadeias selvagens e mutantes, cumprindo sua proposta didática central.

As contribuições qualitativas coletadas durante a validação resultaram em recomendações operacionais e melhorias de usabilidade, como ajustes no espaçamento entre peças, aumento do comprimento do cordão e possibilidade de separar as bases para facilitar a contagem tátil. Tais sugestões não comprometem a concepção científica ou a configuração atual do protótipo, mas contribuem para o aperfeiçoamento em contextos específicos, incluindo alunos com deficiência visual total, perfis neurodivergentes e situações de uso em sala de aula com diferentes demandas cognitivas. Considerando o conjunto de evidências quantitativas e qualitativas,

conclui-se que o modelo apresenta solidez conceitual, acessibilidade ampliada e potencial formativo significativo para o ensino de Genética, ao apoiar a aprendizagem e favorecer a aproximação entre conteúdos abstratos e a experiência concreta dos estudantes, ampliando o acesso ao conhecimento científico em contextos educacionais diversos.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, Renata da Silva; OLIVEIRA, Cinthia dos Santos; LIMA, Edinaura de Jesus Oliveira; SOUZA, Mariana Carolina de. **Validação da eficiência de jogos didáticos para o ensino de Genética**. Scientia et Educatio, v. 3, n. 1, p. 65-78, 2024. Disponível em: <https://sea.ufr.edu.br/index.php/SEA/article/view/2006>. Acesso em: 11 set. 2025.

BATISTA, Rosimeri Sabim. **Dificuldades e metodologias no ensino-aprendizagem da genética: revisão bibliográfica**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2019.

BRASIL. Instituto Nacional da Propriedade Industrial. **Modelo didático para representação dos tipos de mutações genéticas destinado a estudantes videntes, daltônicos e pessoas com deficiência visual**. Inventores: Marília Ribeiro Sales Cadena; Pabyton Gonçalves Cadena. Depositante: Universidade Federal Rural de Pernambuco. BR 202018068534-7 U2. Depósito: 13 set. 2018. Publicação: 24 mar. 2020.

CAMPOS, L. M. L.; BORTOLOTO, T. M.; FELÍCIO, A. K. C. **A produção de jogos didáticos para o ensino de Biologia e Química: um auxílio à aprendizagem**. Revista Ciência em Extensão, v. 4, n. 1, p. 115, 2008.

DUARTE, Ana Carolina Oliveira; SANTOS, Livia Cristina. **Uso de modelos tridimensionais no ensino superior nas disciplinas de embriologia, citologia, genética e biologia molecular**. Research, Society and Development, v. 11, n. 12, e590111235215, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i12.35215.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. 25. ed. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

GONÇALVES, Daiana de Oliveira. **ENSINO DE GENÉTICA ATRAVÉS DO ESTUDO DO CÓDIGO GENÉTICO E ALTERAÇÕES NA SEQUÊNCIA GENÉTICA: UMA ABORDAGEM INVESTIGATIVA**. 2025. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado em Biologia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, 2025.

GRIFFITHS, Anthony J. F.; WESSLER, Susan R.; LEWONTIN, Richard C.; CARROLL, Sean B. **Introduction to Genetic Analysis**. 9. ed. New York: W. H. Freeman and Company, 2008.

GUARDA, D. **Validação de instrumento de avaliação da metodologia ativa de sala de aula invertida no curso de enfermagem do IFPR**. Educação e Pesquisa, São Paulo, v. 49, e230105, 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ep/a/5Mr5Cf6vRK7VpjjDRGJRkdM/?lang=pt>. Acesso em: 2 out. 2025.

GREEN H. **Platonic solid/Polyhedral dice bracelet beads**. [S. l.]: Thingiverse, 24 jan. 2014. Disponível em: [thingiverse.com/thing:233562/files](https://www.thingiverse.com/thing:233562/files). Acesso em: 1 set. 2025.

KARASAWA, Fernanda Milene; RAMOS, Gabriela Aparecida; SILVA, Cinthia Carolina; OLIVEIRA, Edilson Benedito de. **Criação e uso de modelo didático da**

molécula de DNA. Research, Society and Development, v. 10, n. 11, p. e173101116383, 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/17383>. Acesso em: 11 set. 2025.

LIEBMANN, Simone Ponath; CORRÊA, Thaís; ALMEIDA, Cláudia. **Apresentação de atividades práticas que contribuem para o ensino de genética no ensino médio.** São José dos Pinhais: Contribuciones a las Ciencias Sociales, 2023.

MARTINEZ, E. R. M.; FUJIHARA, R. T.; MARTINS, C. **Show de genética: um jogo interativo para o ensino de genética.** Genética na Escola, v. 3, n. 2, p. 24–27, 2008. DOI: 10.55838/1980-3540.ge.2008.58.

MASCARENHAS, Márcia de Jesus Oliveira et al. **Estratégias metodológicas para o ensino de genética em escola pública.** São Luís: Pesquisa em Foco, 2016.

MATTOS, S. **Elaboração e validação de um instrumento para mensurar a autopercepção de saúde em adultos.** Saúde Debate, Rio de Janeiro, v. 45, n. 129, p. 366-377, 2021. Disponível em: https://www.scielo.org/article/sdeb/2021.v45n129/366-377/?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 2 out. 2025.

PIERCE, Benjamin A. **Genética: um enfoque conceitual.** Porto Alegre: Artmed, 2016.

REZENDE, L. P.; GOMES, S. C. S. **Uso de modelos didáticos no ensino de genética: estratégias metodológicas para o aprendizado.** Revista de Educação, Ciências e Matemática, v. 8, n. 2, 2018. Disponível em: <https://publicacoes.unigranrio.edu.br/recm/article/view/4447>. Acesso em: 2 out. 2025.

RIBEIRO, M. C. **Educação e tecnologias: práticas e materiais didáticos.** [S.l.]: Editora SciELO Books, 2023. Disponível em: <https://books.scielo.org/id/cnpbk/pdf/ribeiro-9786589524922.pdf>. Acesso em: 02 out. 2025.

SANTOS, C. R. M.; PACINI, D. B.; GRISOLIA, M. N. K. G.; SILVA, P. R. Q. **Ensino do conteúdo de genética no ensino médio por meio de modelos lúdicos.** Revista da SBEnBio, n. 3, p. 3534-3540, out. 2010.

SANTOS, Rodrigo de Oliveira; SILVA, Priscila Santos da; LIMA, Jandra Lucia de Souza. **Modelo didático como recurso para o ensino de ciências: sua influência como ferramenta facilitadora no processo de ensino-aprendizagem.** 2019. DOI: 10.51359/2595-7597.2018.239741.

SILVA, Bruno Neves da; SANTOS, José Luís Guedes dos; RIQUELMO, Deise Lisboa; MIRANDA, Francisco Arnaldo Nunes de; SOUZA, Nilha Lima de; PINTO, Erika Simone Galvão. **Interseções entre resiliência e qualidade de vida em mulheres rurais: estudo de métodos mistos.** Revista Latino-Americana de Enfermagem, v. 30, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rlae/a/Gkjjg9DPnRHNgzBGchH5Hc6b/?lang=pt>. Acesso em: 8 out. 2025.

SILVA, Emilly Vitória Leonardo da; CADENA, Pabyton Gonçalves; SALES-CADENA, Marília Ribeiro. **Uma proposta para introdução ao ensino de medicina translacional**. Revista Práxis, 2024.

SNUSTAD, D. Peter; SIMMONS, Michael J.; GALLO, Cláudia Vitória de Moura. **Fundamentos de genética**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.

SOUSA, Edjéssica Siqueira de et al. **A genética em sala de aula: uma análise das percepções e metodologias empregadas por professores das escolas públicas estaduais de Jaguaribe, Ceará**. Fortaleza: Conexão Ciência e Tecnologia, 2016.

SOUZA, A. C.; ALEXANDRE, N. M. C.; GUIRARDELLO, E. B. **Propriedades psicométricas na avaliação de instrumentos: validade e confiabilidade**. Epidemiologia e Serviços de Saúde, Brasília, v. 26, n. 3, p. 649-659, 2017. DOI: 10.5123/S1679-49742017000300022.

SOUZA, A. C. C. de; MOREIRA, T. M. M.; BORGES, J. W. P. **Desenvolvimento de um instrumento de validade de aparência para tecnologias educacionais em saúde**. Revista Brasileira de Enfermagem, v. 73, supl. 6, p. e20190559, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0034-7167-2019-0559>. Acesso em: 2 out. 2025.

SOUZA, Paulo Roberto Eleutério de; SILVA, Hildson Dornelas Angelo da; LEITE, Fernanda Cristina Bezerra; MAIA, Maria de Mascena Diniz; GARCIA, Ana Cristina Lauer; MONTE, Martín Alejandro. **Genética geral: para universitários**. Garanhuns: Editora Universitária da UFRPE, 2021.

TEMP, Daiana Sonogo. **Facilitando a aprendizagem de genética: uso de um modelo didático e análise dos recursos presentes em livros de biologia**. 2011. 84 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/6656/TEMP%2c%20DAIANA%20SONOGO.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2022.

VIEIRA, Karine Felinto de Souza et al. **Modelos pedagógicos em 3D inclusivos no ensino de Biologia Celular destinados a alunos videntes e com deficiência visual**. Cuiabá: SEMIEDU, 2024.