

BIOLOGIA TUMORAL NA EDUCAÇÃO BÁSICA: MODELAGEM TRIDIMENSIONAL COMO FERRAMENTA DE ENSINO

Daiane Siqueira de Moura¹;

¹Núcleo de Estudos em Oncologia Intestinal - NEOI, Departamento de Medicina, Universidade de Pernambuco (UPE), Garanhuns, Pernambuco.

<http://lattes.cnpq.br/7720339683319212>

Antônio Felix².

²Núcleo de Estudos em Oncologia Intestinal - NEOI, Departamento de Medicina, Universidade de Pernambuco (UPE), Garanhuns, Pernambuco.

<http://lattes.cnpq.br/1082536271592926>

RESUMO: O presente estudo refere-se à utilização de modelos tridimensionais como ferramenta de ensino da biologia tumoral na Educação Básica e busca responder à questão: quais as concepções dos estudantes do ensino básico sobre o câncer e como a modelagem tridimensional pode contribuir para o ensino-aprendizagem? Tem como objetivo descrever e analisar a literatura sobre as concepções de estudantes da Educação Básica acerca do câncer e o uso de modelos didáticos tridimensionais como ferramenta de ensino em biologia tumoral. O estudo justifica-se pela importância de discutir o tema no meio científico e acadêmico e ampliar sua compreensão na sociedade, pois a compreensão dos estudantes ainda apresenta lacunas conceituais sobre os mecanismos celulares envolvidos na carcinogênese. Considerando que a biologia tumoral envolve processos microscópicos e abstratos, se torna necessário a introdução de estratégias pedagógicas que concretizem esses fenômenos abstratos. Metodologicamente, caracteriza-se como uma pesquisa de natureza básica, com abordagem qualitativa e objetivos exploratório e descritivo, desenvolvida por meio de uma revisão narrativa da literatura. Parte da hipótese de que a escassez ou ausência de materiais concretos limita a prática docente. Conclui-se que o desenvolvimento de modelos tridimensionais apresentam potencial para tornar a biologia tumoral mais compreensível e acessível aos alunos.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino de Biologia. Modelos 3D. Educação em saúde.

TUMOR BIOLOGY IN BASIC EDUCATION: THREE-DIMENSIONAL MODELING AS A TEACHING TOOL

ABSTRACT: This study addresses the use of three-dimensional models as a teaching tool for tumor biology in Basic Education and seeks to answer the following question: What are Basic Education students' conceptions of cancer, and how can three-dimensional modeling contribute to the teaching and learning process? Its objective is to describe and analyze the literature on Basic Education students' conceptions of cancer and the use of three-dimensional didactic models as a teaching tool in tumor biology. The study is justified by the importance of discussing this topic in scientific and academic contexts and broadening its understanding in society, since students' understanding still presents conceptual gaps regarding the cellular mechanisms involved in carcinogenesis. Considering that tumor biology involves microscopic and abstract processes, it is necessary to introduce pedagogical strategies that make these phenomena more concrete. Methodologically, it is characterized as basic research with a qualitative approach and exploratory and descriptive objectives, conducted through a narrative literature review. It is based on the hypothesis that the scarcity or absence of concrete materials limits teaching practice. It is concluded that the development of three-dimensional models has the potential to make tumor biology more understandable and accessible to students.

KEYWORDS: Biology education. 3D models. Health education.

INTRODUÇÃO

O câncer é classificado como uma doença crônica não transmissível, caracterizada pelo crescimento descontrolado de células anormais. Atualmente, constitui um dos principais problemas de saúde pública e representa a segunda maior causa de morte no mundo. O aumento da incidência do câncer evidencia a necessidade de ampliar essa discussão para diversos setores da sociedade, além da área da saúde. As projeções indicam que o número de novos casos poderá atingir 35 milhões por ano no mundo até 2050, enquanto, no Brasil, são estimados cerca de 781 mil casos anuais para o triênio 2026–2028 (Bray et al., 2024; Martins et al., 2026).

Refletindo esse cenário epidemiológico, observa-se que os estudantes apresentam uma compreensão fragmentada do câncer, influenciada por experiências pessoais, informações divulgadas nas mídias digitais e pela associação da doença ao medo e à morte. Essa visão é agravada pelo fato de que o câncer desencadeia sofrimento psicológico, além de gerar sobrecarga física e emocional tanto para pacientes quanto para as pessoas envolvidas em seus cuidados. Além disso, os estudantes também encontram dificuldades para relacionar mutações, alterações celulares e formação tumoral, o que reforça a importância de abordar esses conhecimentos no ensino de Biologia na Educação Básica

(Busolo; Woodgate, 2024; Zhao; Schuchardt, 2019).

Diante dessas barreiras conceituais e da abstração do tema, os modelos didáticos tridimensionais surgem como uma alternativa promissora, pois permitem que os estudantes visualizem e manipulem estruturas que não podem ser observadas a olho nu. Além de possibilitar a produção de materiais personalizados, a impressão 3D torna a aprendizagem mais concreta, interativa e acessível (Valeeva et al., 2023; Gul; Yalinkilic, 2025). Embora esses recursos sejam utilizados em áreas como citologia, genética e anatomia, essa utilização ainda é limitada na biologia tumoral na Educação Básica, evidenciando a necessidade de desenvolver materiais voltados à compreensão dos processos celulares envolvidos no câncer.

Diante desse cenário, torna-se relevante analisar como a literatura tem caracterizado as concepções dos estudantes do ensino básico sobre o câncer e de que maneira os modelos didáticos tridimensionais podem contribuir para essa abordagem. Tal discussão permite reunir fundamentos teóricos, reconhecer possibilidades educacionais e identificar desafios ainda presentes na aproximação entre a biologia tumoral e a Educação Básica.

OBJETIVO

Descrever e analisar a literatura sobre as concepções de estudantes da Educação Básica acerca do câncer e a utilização de modelos didáticos tridimensionais como ferramenta de ensino em biologia tumoral.

METODOLOGIA

O presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa de natureza básica, com abordagem qualitativa e objetivos exploratório e descritivo. Trata-se de uma pesquisa bibliográfica, desenvolvida por meio de uma revisão narrativa da literatura. O levantamento foi realizado no Google Acadêmico, na PubMed e na biblioteca digital do Instituto Nacional de Câncer (INCA), utilizando termos relacionados às concepções dos estudantes sobre o câncer, ao ensino da biologia tumoral, aos modelos didáticos tridimensionais e à impressão 3D, além de descritos em inglês como: tumor biology in basic education, 3D cancer cell models, 3D printing of a tumor, students' conceptions of cancer.

Foram priorizadas publicações dos últimos dez anos, sem excluir trabalhos anteriores considerados importantes para a compreensão do tema. Foram selecionados artigos científicos e documentos institucionais relacionados às concepções dos estudantes, às dificuldades no processo ensino-aprendizagem envolvidos no câncer e à utilização de modelos tridimensionais no ensino de Ciências e Biologia. A análise foi realizada de forma interpretativa, considerando as contribuições desses recursos, os desafios pedagógicos e a disponibilidade de materiais específicos para o ensino da biologia tumoral.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O câncer consolida-se como um dos maiores desafios contemporâneos da saúde pública global. Caracterizado pelo crescimento descontrolado de células anormais com capacidade de invasão tecidual e disseminação sistêmica, esta doença representa a segunda principal causa de morte por doença crônica não transmissíveis no mundo, sendo superada apenas por doenças cardiovasculares (INCA, 2024; Ferlay *et al.*, 2024). Projeções indicam que a carga global da doença atingirá 35 milhões de novos casos até 2050, impulsionada pelo envelhecimento populacional e pela persistência de fatores de risco modificáveis, como tabagismo, sedentarismo e obesidade (Bray *et al.*, 2024). No cenário nacional, o Instituto Nacional de Câncer (INCA) estima a ocorrência de 781 mil novos casos anuais para o triênio 2026–2028, destacando-se a alta incidência dos cânceres de mama, próstata, cólon e reto (Martins *et al.*, 2026).

Para além do impacto clínico, o câncer produz severas repercussões sociais, econômicas e familiares. O diagnóstico frequentemente desencadeia sofrimento psicológico e desestruturação da dinâmica familiar, impondo sobrecarga física e emocional aos cuidadores (OCDE, 2024). Sob a perspectiva econômica, a morbidade resulta em afastamento laboral, aposentadorias precoces e redução da renda familiar, enquanto a elevada demanda assistencial e os custos terapêuticos geram desafios crescentes à sustentabilidade dos sistemas de saúde (INCA, 2020). Trata-se, portanto, de uma questão social complexa que demanda ações integradas que transcendam a assistência médica, englobando a educação em saúde e a redução de desigualdades.

Essa magnitude epidemiológica e social reflete-se na presença massiva do tema nos meios de comunicação e nas plataformas digitais, as quais abrangem bilhões de usuários (Loeb *et al.*, 2024). Contudo, embora as redes sociais facilitem a divulgação de avanços científicos, elas também propiciam a circulação de conteúdos incompletos, interpretações equivocadas e desinformação sem lastro científico (Amaral Filho, 2021). Esse cenário atinge diretamente os estudantes da Educação Básica inseridos no ecossistema digital. Torna-se fundamental, assim, o desenvolvimento de competências críticas para avaliar a confiabilidade das fontes informacionais e utilizar o conhecimento científico para a compreensão de aspectos preventivos e terapêuticos da doença (Howell; Brossard, 2021).

Diante disso, a alfabetização científica em oncologia assume papel estratégico no ensino básico, ultrapassando a memorização de conceitos isolados. A compreensão do câncer é intrinsecamente complexa e abstrata, pois exige a integração de fenômenos moleculares e celulares, como mutações, carcinogênese e proliferação desregulada (Teplinsky *et al.*, 2022).

Evidências demonstram que indivíduos com maior letramento em saúde reconhecem melhor os fatores de risco e aderem com mais facilidade a programas de rastreamento precoce (Hasannejadasl *et al.*, 2022). Compete ao ensino básico, portanto, contextualizar esses conceitos biológicos, permitindo que os estudantes superem estigmas do senso

comum e fundamentem suas decisões em evidências científicas validadas.

As concepções dos estudantes sobre o câncer são construídas em diferentes contextos sociais antes de qualquer abordagem sistemática na escola. Vivências familiares, interações com amigos, profissionais de saúde e meios de comunicação moldam esse conhecimento prévio. Nesse sentido, Abraham *et al.* (2021) identificaram que adolescentes obtêm informações sobre a doença por meio de fontes heterogêneas, como televisão, redes sociais e vídeos online, resultando em uma aprendizagem fragmentada, descrita pelos próprios jovens como “pedaços” isolados de informação. Esse cenário exige práticas pedagógicas que acolham tais saberes e promovam sua articulação com explicações científicas consistentes.

Neste contexto, destaca-se a associação imediata do câncer à morte, frequentemente acompanhada por medo e estigma. Em estudo qualitativo com jovens, Busolo e Woodgate (2024) observaram o uso recorrente de metáforas de finitude para descrever o câncer, atribuindo-lhe um caráter fatalista. Esse imaginário desperta sentimento de tristeza e preocupação, além de manifestações de estigma social, expressas pelo receio de rejeição ou pela dificuldade em compartilhar o diagnóstico. Tais representações sociais transpõem o adoecimento biológico, consolidando a doença como uma experiência de extrema vulnerabilidade emocional.

Para além das barreiras psicossociais, a compreensão dos mecanismos celulares do câncer constitui um desafio cognitivo complexo. Investigando a percepção de estudantes sobre a origem das mutações, evento central na carcinogênese, Zhao e Schuchardt (2019) constataram que a maioria dos participantes as compreendia apenas de forma genérica como uma entidade. Os alunos demonstraram dificuldades para detalhar os processos celulares envolvidos e manifestaram confusões conceituais profundas entre diferentes mecanismos biológicos, especificamente confundindo a replicação do DNA com os processos de transcrição e tradução. Essa percepção limitada à “mutação como entidade” dificulta a construção de modelos mentais consistentes sobre como o dano ao DNA culmina na formação tumoral.

Essa fragmentação se agrava porque a compreensão da biologia tumoral exige a articulação por diferentes níveis de organização biológica, conectando o nível microscópico ao macroscópico. Conceitos vitais como regulação do ciclo celular, sinalização intracelular e expressão gênica demandam alto grau de abstração por não serem diretamente observáveis. Conforme apontam Tibell e Rundgren (2010), a biologia molecular desafia o estudante por exigir a integração de múltiplos campos e a visualização de fenômenos invisíveis. Consequentemente, o aluno tende a isolar conceitos, como gene, mutação e divisão celular, falhando em estabelecer relações causais entre esses processos que explica a origem e a progressão do câncer, o que resulta em uma compreensão reducionista e simplificada do fenômeno.

Diante das dificuldades conceituais na compreensão de fenômenos biológicos complexos, os modelos didáticos consolidam-se como recursos fundamentais de apoio ao ensino. Essas ferramentas consistem em representações simplificadas de estruturas ou processos científicos desenvolvidas com finalidade estritamente educativa (Vinholi Júnior; Princival, 2014; Valeeva *et al.*, 2023). Embora não constituam réplicas exatas da realidade, os modelos permitem visualizar e explorar relações que dificilmente seriam percebidas apenas por meio de explicações verbais ou imagens bidimensionais. Assim, atuam como mediadores pedagógicos, tornando conceitos teóricos mais concretos e acessíveis aos estudantes. Nesse sentido, sua utilização tem conquistado espaço no ensino de Ciências e Biologia por favorecer a visualização, a interação, o interesse e a participação ativa dos estudantes no processo de aprendizagem (Gul; Yalinkilic, 2025; Teplá; Teplý; Šmejkal, 2022).

No ensino de Biologia, a materialização do conhecimento abstrato é uma necessidade crônica em áreas como genética, biologia celular e molecular, cujos tópicos exigem alto grau de visualização mental. A fabricação de modelos didáticos de Biologia através de tecnologias de impressão tridimensional oferece a vantagem de personalização, onde o professor pode adaptar o modelo às necessidades de sua turma, destacando estruturas ou processos específicos (Melotti; Oliveira, 2020; Bezerra *et al.*, 2023). A impressão tridimensional permite o desenvolvimento de materiais didáticos em diferentes formas precisas, para torná-los tangíveis e que possam ser manuseados e interpretados pelos alunos (Pinho, 2021).

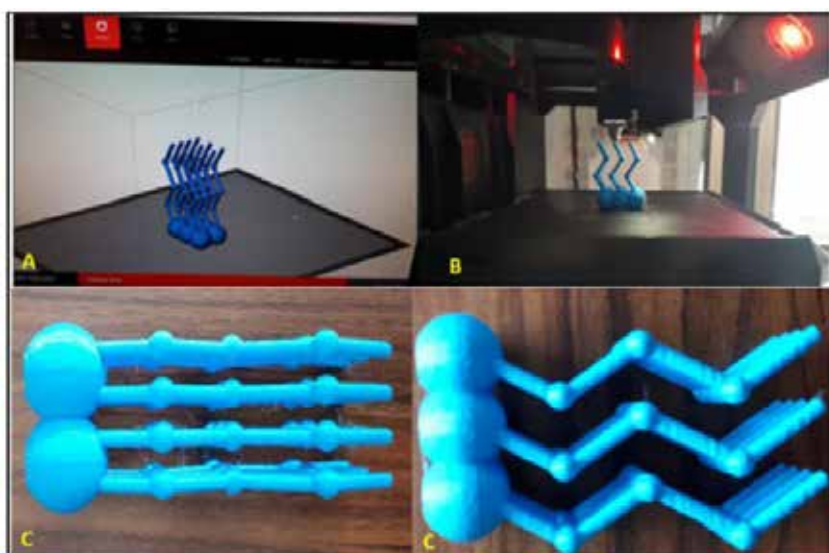
Historicamente, a literatura e o mercado educacional consagram o uso dessas representações tridimensionais para ilustrar os estados fisiológicos padronizados dos seres vivos. São abundantes os modelos de DNA, organelas citoplasmáticas, tecidos e sistemas anatômicos humanos. Conforme apontam Orlando *et al.* (2009) esses recursos complementam as ilustrações bidimensionais e estáticas dos livros didáticos, permitindo que os alunos manipulem e analisem estruturas sob múltiplas perspectivas. Contudo, essa vasta disponibilidade restringe-se quase exclusivamente à biologia convencional e normatizada. Conforme observado nas Figuras 1 e 2, a literatura e o mercado educacional já consagram o uso de modelos tridimensionais para ilustrar estados fisiológicos padronizados, como a estrutura do DNA e de biomoléculas, respectivamente. Entretanto, essa vasta disponibilidade evidencia, por contraste, a escassez de recursos voltados especificamente para a biologia tumoral na Educação Básica.

Figura 1: Modelo de DNA impresso em 3D.



Fonte: Feng et al. (2023, p. 20).

Figura 2: Exemplo de produção de macromodelo para a biologia convencional (fosfolípídio): (A) design digital, (B) processo de impressão e (C) produto finalizado.



Fonte: Gul e Yalinkilic (2025)

Os modelos didáticos tridimensionais são importantes mediadores no processo de ensino-aprendizagem, pois concretizam fenômenos biológicos abstratos e complexos. Segundo Silva *et al.* (2022), a tridimensionalidade expande a visualização e a manipulação dos objetos de estudo, promovendo uma aprendizagem mais atrativa e significativa. Contudo, embora esses recursos já fundamentem subáreas como citologia, anatomia e biologia molecular, nota-se uma escassez de modelos voltados à biologia tumoral. Essa lacuna instrumental desampara o docente frente às dificuldades cognitivas dos estudantes, tornando urgente o desenvolvimento e a validação de recursos tridimensionais específicos que aproximem a oncologia da Educação Básica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise da literatura permitiu compreender que as concepções dos estudantes da educação básica sobre o câncer não são construídas apenas no ambiente escolar, mas também a partir de experiências familiares, através de informações divulgadas nas mídias ou por representações sociais associadas ao medo e estigma. Embora muitos alunos reconheçam alguns fatores relacionados ao desenvolvimento do câncer, a compreensão de sua origem e de sua progressão, como as mutações, alterações no ciclo celular, proliferação desregulada e formação do tumor ainda apresenta um entendimento fragmentado. Tais dificuldades são evidências que apenas abordar o câncer de maneira preventiva ou simplesmente informativa nas escolas não é suficiente para entender os mecanismos biológicos envolvidos na doença.

Partindo desse contexto, o ensino de biologia tumoral na educação básica exige estratégias pedagógicas que aproximem os alunos de processos que ocorrem em níveis microscópicos, ou seja, não são observados a olho nu. Então os modelos didáticos tridimensionais apresentam um grande potencial para contribuir como ferramenta de ensino, pois com a orientação do professor, possibilita a observação, a manipulação e auxilia os estudantes a estabelecer relações com diferentes níveis de organização biológica e assim podem favorecer a compreensão de todo o processo envolvido na carcinogênese.

A revisão também mostrou que, existem inúmeros modelos tridimensionais utilizados em variados conteúdos de Biologia, como citologia, genética e anatomia, mas ainda existe uma limitada disponibilidade de recursos didáticos em 3D específicos para o estudo da biologia tumoral na Educação Básica. Essa lacuna limita as possibilidades de se abordar o tema e reforça a necessidade do desenvolvimento de tais recursos.

Portanto, os modelos didáticos tridimensionais apresentam possibilidades relevantes para tornar o ensino da biologia tumoral mais tangível, compreensível e acessível. Contudo, diante da escassez de estudo em biologia tumoral na Educação Básica, ainda são necessárias pesquisas que desenvolvam, apliquem e avaliem esses recursos com estudantes do ensino básico.

REFERÊNCIAS

ABRAHAM, A. *et al.* Kenyan youth's understanding of cancer and cancer risk: a qualitative study. **BMC Public Health**, London, v. 21, n. 1, 2021. DOI: 10.1186/s12889-021-11679-0.

AMARAL FILHO, N. O papel da comunicação no controle do câncer em tempos de notícias falsas: uso técnico e ético das novas tecnologias na divulgação de informações ao público sobre a doença. **Revista Brasileira de Cancerologia**, Rio de Janeiro, v. 67, n. 2, e-181881, 2021. Disponível em: <https://rbc.inca.gov.br/index.php/revista/article/view/1881/1207>. Acesso em: 20 jun. 2026.

BEZERRA, D. M. M. da S. Q. *et al.* Impressão 3D: possibilidades para o desenvolvimento

de material didático no ensino de Biologia. In: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, 9., 2023, Campina Grande. **Anais IX CONEDU** Campina Grande: Realize Editora, 2023. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/99914>. Acesso em: 22 jun. 2026.

BRAY, F. *et al.* Global cancer statistics 2022: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. **CA: A Cancer Journal for Clinicians**, [S. l.], v. 74, n. 3, p. 229–263, 2024.

BUSOLO, D. S.; WOODGATE, R. L. Adolescents' perceptions of cancer: a qualitative systematic review. **Journal of Cancer Education**, v. 39, n. 2, p. 488–500, 2024.

FENG, Xin; CHENG, Liying; CHEN, Jimin; ZENG, Yong. Application of DNA molecular model printed by 3D printing technology in biology class of senior high school. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON BIG DATA AND INFORMATIZATION EDUCATION, 3., 2022, Wuhan. **Proceedings** [...]. Paris: Atlantis Press, 2023. p. 13-22.

FERLAY, J. *et al.* (ed.). **Global Cancer Observatory**: Cancer Today. Lyon: International Agency for Research on Cancer (IARC), 2024. Disponível em: <https://gco.iarc.who.int/today>. Acesso em: 22 jun. 2026.

GUL, S.; YALINKILIC, F. Teaching of the subject “Biomolecules in Living Organisms” using 3D printing models. **Education and Information Technologies**, v. 30, n. 10, p. 13213–13248, 2025. Disponível em: doi.org. Acesso em: 18 jul. 2026.

HASANNEJADASL, H. *et al.* Health Literacy and eHealth: Challenges and Strategies. **JCO Clinical Cancer Informatics**, [S. l.], v. 6, e2200005, 2022. DOI: doi.org. Disponível em: <https://ascopubs.org/doi/pdfdirect/10.1200/CCI.22.00005>. Acesso em: 24 jun. 2026.

HOWELL, E. L.; BROSSARD, D. (Mis)informed about what? What it means to be a science-literate citizen in a digital world. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, 2021. <https://www.pnas.org/doi/epdf/10.1073/pnas.1912436117>

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER JOSÉ ALENCAR GOMES DA SILVA (INCA). **ABC do câncer**: abordagens básicas para o controle do câncer. 6. ed. rev. atual. Rio de Janeiro: INCA, 2020.

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER (INCA). **O que é câncer?** Rio de Janeiro: INCA, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/inca/pt-br/assuntos/cancer/o-que-e-cancer>. Acesso em: 22 jun. 2026.

LOEB, S. *et al.* Cancer misinformation on social media. **CA: A Cancer Journal for Clinicians**, [S. l.], v. 74, n. 5, p. 453-464, 2024. DOI: doi.org. Disponível em: <https://acsjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.3322/caac.21857>.

MARTINS, L. F. L. *et al.* Perfil epidemiológico da incidência de câncer no Brasil e regiões: estimativas para o triênio 2026-2028. **Revista Brasileira de Cancerologia**, Rio de Janeiro, v. 72, n. 1, e-265587, 2026. <https://rbc.inca.gov.br/index.php/revista/article/view/5587/4309>

MELOTTI, R.; OLIVEIRA, J. Impressão 3D como ferramenta no ensino de Ciências e Biologia. **Anais da Semana de Biologia da UFES de Vitória**, v. 1, p. 22-22, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufes.br/sebivix/article/view/30501>

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **Tackling the impact of cancer on health, the economy and society**. Paris: OECD Publishing, 2024. <https://doi.org/10.1787/85e7c3ba-en>

ORLANDO, T. C. *et al.* Planejamento, montagem e aplicação de modelos didáticos para abordagem de biologia celular e molecular no ensino médio por graduandos de ciências biológicas. **Revista de Ensino de Bioquímica**, v. 17, 2009.

PINHO, Francisco Victor Alves de. A utilização da impressão 3D na educação de alunos portadores de deficiência visual. In: CASTRO, Paula Almeida de; BORGES, Luiz Paulo Cruz (org.). **E-book VII CONEDU (Conedu em Casa): educação como (re)existência: mudanças, conscientização e conhecimentos**. Campina Grande: Realize Editora, 2021. v. 2, p. 506-519. ISBN 978-65-86901-28-3. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/74167>. Acesso em: 27 jun. 2026.

SILVA, H. M. 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**, v. 1, p. 1-21, 2022.

TEPLÁ, M.; TEPLÝ, P.; ŠMEJKAL, P. Influence of 3D models and animations on students in natural subjects. **International Journal of STEM Education**, v. 9, art. 65, 2022. DOI: [10.1186/s40594-022-00382-8](https://doi.org/10.1186/s40594-022-00382-8) Acesso em: 18 jul. 2026.

TEPLINSKY, E.; PONCE, S. B.; DRAKE, E. K. *et al.* Online medical misinformation in cancer: distinguishing fact from fiction. **JCO Oncology Practice**, v. 18, n. 8, p. e1147–e1158, 2022. DOI: 10.1200/OP.21.00764.

TIBELL, L. A. E.; RUNDGREN, C.-J. Educational challenges of molecular life science: characteristics and implications for education and research. **CBE—Life Sciences Education**, [S. l.], v. 9, n. 1, p. 25–33, 2010. DOI: [10.1187/cbe.08-09-0055](https://doi.org/10.1187/cbe.08-09-0055)

UTSUNOMIA, R.; PINHEIRO, J. C. Impressão 3D no ensino de Genética: uma abordagem interativa para o estudo da estrutura do DNA. **Genética na Escola**, [S. l.], v. 20, n. 1, p. 39-47, 2025.

VALEEVA, R. *et al.* Exploring the impact of modeling in science education: a systematic review. **Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education**, v. 19, n. 6, em2284, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.29333/ejmste/13268>. Acesso em: 18 jul. 2026.

VINHOLI JÚNIOR, Airton José; PRINCIVAL, Guilherme Cunha. Modelos didáticos e mapas conceituais: biologia celular e as interfaces com a informática em cursos técnicos do IFMS. **HOLOS**, Natal, v. 2, p. 110-122, 2014. DOI: [10.15628/holos.2014.1954](https://doi.org/10.15628/holos.2014.1954). Disponível em:

<https://doi.org/10.15628/holos.2014.1954>. Acesso em: 26 de jun. 2026.

ZHAO, F.; SCHUCHARDT, A. Exploring students' descriptions of mutation from a cognitive perspective suggests how to modify instructional approaches. ***CBE—Life Sciences Education, Bethesda***, v. 18, n. 4, p. ar45, 2019.