

O Ensino de Genética e a Formação Docente: Práticas Pedagógicas Com o Jogo BIOGAME na Sala de Aula

Robson Cássio Cordeiro dos Santos ¹
Maiara Ferreira de Souza Costa ²
Fausto José de Araújo Muniz ³
Ana Lucia Gomes Cavalcanti Neto⁴

RESUMO

A genética ocupa uma posição paradoxal no currículo de Biologia do ensino médio: constitui, ao mesmo tempo, uma área científica de vanguarda e uma disciplina marcada por elevados índices de incompREENsão estudantil. Este trabalho busca investigar se um recurso didático baseado em jogos pode contribuir, ainda que parcialmente, para minimizar dificuldades de aprendizagem relacionadas à genética. A proposta centra-se na análise do BIOGAME, jogo educacional desenvolvido no âmbito do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID) e aplicado em turmas do 3º Ano do Ensino Médio, na Escola de Referência em Ensino Médio Confederação do Equador, Paudalho/PE. Embora o jogo não tenha sido originalmente concebido a partir dos referenciais epistemológicos de Bachelard (1996) ou da didática das ciências, sua estrutura dialoga com princípios de uma educação progressista e ativa. Com base nesses referenciais teóricos, o estudo analisa em que medida o BIOGAME se aproxima de práticas capazes de enfrentar alguns dos obstáculos epistemológicos característicos do ensino de genética, como a abstração espacial e temporal, a complexidade simbólica e a natureza probabilística dos processos hereditários. Tais obstáculos manifestam-se frequentemente por meio de concepções alternativas persistentes, dificuldades afetivas e fragmentação conceitual, conforme discutido por autores como Alves e Cavalcante (2017). A análise busca compreender se o jogo pode funcionar como ferramenta de mediação parcial para essas barreiras, favorecendo a aprendizagem e a reorganização de estruturas cognitivas. Com a aplicação do BIOGAME, percebeu-se que o jogo funciona como um diferencial no processo de ensino-aprendizagem da genética, potencializando a interação e a dinâmica em sala de aula. Os resultados indicam que o recurso contribui para a superação de algumas dificuldades de aprendizagem, ao mesmo tempo em que instiga reflexões sobre formação docente, currículo e avaliação.

Palavras-chave: Ensino de Genética; Obstáculos epistemológico; BIOGAME.

1 Graduando do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade de Pernambuco - UPE, Robson.cassio@upe.br;

2 Graduanda do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade de Pernambuco - UPE, maiara.ferreira@upe.br;

3 Docente da disciplina de Ciências da Escola EREM Confederação do Equador, fausto.jdmuniz@professor.educacao.pe.gov.br

4 Docente do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade de Pernambuco - UPE, analucia.neto@upe.br.



INTRODUÇÃO

A Genética ocupa, no currículo de Biologia do ensino médio, uma posição paradoxal: é, ao mesmo tempo, ciência de ponta e disciplina marcada por altas taxas de incompREENSÃO entre os estudantes. Como explicar que uma área tão relevante para questões éticas e científicas contemporâneas como testes genéticos, edição gênica via CRISPR, bioengenharia e debates sobre ancestralidade encontre tanta resistência no ambiente escolar?

Esse paradoxo ultrapassa explicações tradicionais baseadas na complexidade do conteúdo ou na abstração do vocabulário. O que se impõe, como adverte Bachelard (1996), é o enfrentamento de estruturas cognitivas já consolidadas. Para o autor, "é no âmago do próprio ato de conhecer que aparecem, por uma espécie de imperativo funcional, lentidões e conflitos" (p. 19). Conhecer, nesse sentido, é romper com modos anteriores de pensar, e toda ruptura provoca resistência.

No contexto da escola pública brasileira, tais desafios se intensificam diante de limitações estruturais, currículos engessados e formação docente nem sempre alinhada com os avanços da didática das ciências. Esses fatores tornam ainda mais desafiador o trabalho com conteúdos abstratos e de forte carga simbólica, como os da Genética.

Tais resistências, conceituadas como obstáculos epistemológicos, não são erros isolados, mas formas estruturadas de compreender o mundo que, embora funcionais em determinados contextos, inviabilizam avanços conceituais. No ensino de Genética, essas formas se manifestam como concepções intuitivas enraizadas como, por exemplo, a ideia de que os genes são "partes do corpo que decidem tudo" ou que "características adquiridas podem ser herdadas" (Paiva & Martins, 2021).

Ao analisar o ensino de Biologia celular e molecular, Oestreich, Silveira e Goldschmidt (2022, apud Souza, 2023) alertam que a fragmentação dos conteúdos e o uso acrítico de linguagens simbólicas acabam por reforçar obstáculos à aprendizagem. Essa prática, frequentemente desarticulada das dimensões sociais e históricas do conhecimento científico, gera lacunas que se manifestam de forma acentuada no campo da Genética. Ensinar genética, assim, demanda mais do que estratégias metodológicas: exige um trabalho epistemológico que desafie o pensamento cotidiano e introduza formas abstratas, simbólicas e probabilísticas de raciocínio.

Esse cenário se agrava com a persistência de práticas didáticas conservadoras no ensino de Genética, especialmente quando docentes recorrem a abordagens fragmentadas e simbólicas. Conforme apontam Ewen, Gericke *et al.* (2025), muitos professores optam por estratégias consideradas "seguras", mesmo diante da necessidade de incorporar temas contemporâneos.

A literatura tem reafirmado a centralidade da teoria dos obstáculos como eixo estruturante da alfabetização científica (Alves & Cavalcante, 2019). O foco desloca-se do erro pontual para a estrutura subjacente do pensamento. As concepções alternativas, longe de equívocos superficiais, são tentativas legítimas de representar o invisível, como mostram Paiva e Martins (2021), ao identificar interpretações de genes como "recipientes" herdados de pais ou mães.

Obstáculos epistemológicos também se manifestam na forma como os estudantes lidam com a escala espacial e temporal da genética. A compreensão de estruturas microscópicas e de fenômenos intergeracionais exigem abstrações que desafiam os sentidos e o tempo de vida escolar (Alberts *et al.*, 2017). A famosa pergunta "onde está o gene da inteligência?" ilustra bem esse desejo de localizar causalidades imediatas onde há redes regulatórias complexas.

Além disso, a linguagem simbólica da genética com suas notações, letras, sequências e diagramas constitui uma barreira adicional. Como afirmam Gericke e Hagberg (2007), essa linguagem "não é neutra; carrega pressupostos teóricos embutidos" (p. 169). A dificuldade aumenta quando estudantes são expostos simultaneamente a códigos mendelianos e moleculares, muitas vezes sem mediação adequada (Fonseca & Tartarotti, 2022), o que torna ainda mais relevante a perspectiva de Vygotsky (1987), a mediação simbólica é condição essencial do pensamento científico, o que reforça a importância de ensinar intencionalmente essas linguagens.

Por fim, a natureza probabilística dos fenômenos genéticos distinta de outras áreas da biologia mais deterministas exige do estudante um raciocínio estatístico formal ainda em desenvolvimento. Muitos interpretam leis de herança como regras exatas e previsíveis, ignorando o caráter aleatório da segregação gênica (Konold *et al.*, 2011).

A ação docente se torna essencial, pois "a superação dos obstáculos epistemológicos depende da intervenção pedagógica intencional" (Salla, 2021, p. 45), o que exige do professor formação adequada e estratégias que promovam rupturas cognitivas.

Diante desse cenário, este trabalho tem como objetivo analisar em que medida o jogo pedagógico BIOGAME, desenvolvido no contexto do Programa Institucional de Bolsa de



Iniciação à Docência (PIBID), pode contribuir para atenuar alguns dos impactos provocados pelos obstáculos epistemológicos identificados na literatura sobre o ensino de genética. Para tanto, fundamenta-se em três eixos principais: (1) a epistemologia bachelardiana e sua concepção de obstáculos ao conhecimento; (2) os aportes da didática das ciências, especialmente no que tange às concepções alternativas dos estudantes, que segundo Lopes (1996) e Bachelard (1996), fundamenta-se no reconhecimento de que os alunos não são 'tábulas rasas', mas chegam com concepções alternativas prévias e persistentes sobre os fenômenos. Essas ideias influenciam a aprendizagem, e por isso a didática busca através de estratégias pedagógicas, identificar e promover a confrontação para a reconstrução e reestruturação conceitual. O objetivo é que os estudantes construam entendimentos mais alinhados com os modelos científicos, tornando o ensino de temas complexos, como a genética, mais efetivo e (3) a análise da experiência concreta com o BIOGAME, investigando sua potencialidade enquanto recurso didático que dialoga com desafios epistemológicos próprios da genética escolar.

O BIOGAME consiste em um jogo de tabuleiro colaborativo que simula situações genéticas reais, desafiando os jogadores a tomarem decisões baseadas em raciocínio probabilístico e simbólico. Importa frisar que o BIOGAME não foi originalmente concebido a partir da teoria dos obstáculos, no entanto traz elementos que se adequa à teoria uma vez que jogos educacionais embora possam por vezes reproduzir obstáculos, possuem também o potencial de auxiliar na transposição dessas barreiras do conhecimento, promovendo a confrontação e a reestruturação de conceitos (Barros; Souza, 2021). O que se propõe, aqui, é analisar em que medida a estrutura do jogo se aproxima das demandas epistemológicas do ensino de genética e se oferece, ainda que parcialmente, como ferramenta de mediação no processo de superação dessas barreiras.

METODOLOGIA

Este estudo caracteriza-se como uma investigação de abordagem qualitativa, de natureza teórico-analítica, voltada à compreensão das relações entre obstáculos epistemológicos descritos na literatura especializada e a estrutura didático-pedagógica de um recurso educacional específico: o jogo pedagógico BIOGAME. A pesquisa tem como foco avaliar em que medida o referido jogo pode contribuir para a mediação de dificuldades conceituais recorrentes no ensino de genética, tomando como referencial a epistemologia bachelardiana e os aportes contemporâneos da didática das ciências.

A investigação não se constitui como estudo empírico de intervenção em sala de aula, mas como análise interpretativa, com fundamentação teórica. Adota-se, nesse sentido, uma perspectiva hermenêutica sobre o material didático em questão, considerando que jogos pedagógicos são dispositivos semióticos que podem ser lidos como textos educativos (Lima & Ostermann, 2012).

O corpus de análise foi composto pelos elementos constitutivos do BIOGAME: narrativa, regras, roteiros de atividades, mapas conceituais e sistema de pontuação, todos produzidos no âmbito do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID) e aplicados em atividades com estudantes do ensino médio das turmas A e B do 3º ano do ensino médio da EREM Confederação do Equador, escola pública da rede estadual de Pernambuco.

O BIOGAME foi aplicado em duas aulas de 50 minutos em cada turma, seguindo as etapas:

- **Distribuição dos mapas mentais:** Cada grupo recebeu um mapa mental explicativo, elaborado pelos bolsistas do PIBID, contendo conceitos-chave de genética (gene, alelo, genótipo, fenótipo, dominância) e suas inter-relações. Esse recurso funcionou como suporte cognitivo e mediador simbólico, auxiliando na elaboração de respostas fundamentadas.
- **Formação dos grupos:** A turma foi dividida em quatro grupos, que escolheram nomes temáticos relacionados à genética (ex: Cientistas do DNA, Mendelianos,).

Estrutura do jogo:

- Perguntas discursivas, distribuídas em três níveis de dificuldade: fácil (5 pontos), médio (10 pontos), difícil (15 pontos);
- Cada rodada tinha um representante respondendo a pergunta em 1 minuto; questões não respondidas eram invalidadas; erros geravam desconto de 2 pontos; descumprimento das regras acarretava -5 pontos;
- **Cartas de superpoderes:** Ajuda dos estudantes (consulta ao mapa mental uma vez), Pulo (troca de pergunta), Duelo (desafio a outro grupo), Carta Ouro (bônus de 20 pontos).

Essa organização buscou equilibrar competição e cooperação, promovendo engajamento e reflexão crítica.

Além dos elementos estruturais do BIOGAME, incorporou-se ao corpus o relato de experiência pedagógica produzido pelos autores da proposta, documento que descreve detalhadamente como o jogo foi aplicado em sala de aula, incluindo a dinâmica das

atividades, o uso dos mapas mentais como apoio conceitual, a interação dos estudantes e as percepções observadas durante a execução.

A análise do material seguirá os princípios da análise de conteúdo qualitativa propostos por Bardin (2016), consistindo na identificação, classificação e interpretação de padrões e significados presentes nos documentos. Serão utilizadas categorias temáticas a priori, derivadas da literatura sobre ensino de genética e obstáculos epistemológicos, bem como categorias emergentes, que poderão surgir durante a leitura interpretativa do material. As categorias iniciais de análise definidas a partir da revisão teórica foram:

- **Abstração espacial e temporal** – situações do jogo que exigem compreensão de conceitos microscópicos (genes, alelos, DNA);
- **Linguagem simbólica** – momentos em que os estudantes manipulam símbolos genéticos, notações e cruzamentos, desenvolvendo a mediação conceitual;
- **Natureza probabilística** – elementos que envolvem decisões sob incerteza ou raciocínios relacionados à aleatoriedade genética.

Serão observadas, sobretudo, as estratégias presentes no jogo que favoreçam rupturas cognitivas, mediação simbólica e problematização, aspectos centrais para a superação de obstáculos epistemológicos.

Vale destacar que, embora o BIOGAME já tenha sido aplicado em contextos escolares, esta investigação não analisará os resultados dessas aplicações, concentrando-se na estrutura conceitual e didática do recurso. Estudos futuros poderão aprofundar a avaliação empírica do impacto do jogo no processo de aprendizagem. Por fim, a reflexão sobre as potencialidades e limitações do BIOGAME será fundamentada na triangulação entre o referencial teórico, a análise documental e a experiência dos autores com práticas de ensino de genética, buscando garantir a coerência interpretativa dos achados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da aplicação do jogo pedagógico BIOGAME, realizada com estudantes do 3º ano do ensino médio na EREM Confederação do Equador, buscou investigar em que medida sua dinâmica poderia contribuir para o enfrentamento de obstáculos epistemológicos associados ao ensino de genética. Conforme descrito na metodologia, a análise foi guiada por três eixos principais: abstração espacial e temporal, linguagem simbólica e natureza probabilística, categorias fundamentadas na

epistemologia de Bachelard (1996) e nas pesquisas da didática das ciências (Alves & Cavalcante 2019 Adúriz-Bravo & Quintero, 2023).

O primeiro aspecto observado, transversal às três categorias, foi a participação dos estudantes com a proposta. A estrutura do BIOGAME composta por sorteios aleatórios de níveis de dificuldade (fácil, médio e difícil), perguntas relacionadas ao conteúdo genético e uso de “cartas de poder” como ajuda, pulo ou duelo gerou uma atmosfera lúdica e cooperativa, aumentando o envolvimento dos alunos. A experiência evidencia que os estudantes demonstraram entusiasmo durante a atividade e interesse em revisar conteúdos posteriormente, sobretudo nas turmas em que o jogo foi reaplicado, como no caso da turma A.

Esse tipo de engajamento, embora não configure por si só uma superação de obstáculos epistemológicos, constitui uma condição importante para que tais rupturas cognitivas ocorram. Como destaca Salla (2021), o deslocamento de estruturas de pensamento consolidadas exige um ambiente que favoreça a problematização e o envolvimento afetivo. Nesse sentido, o jogo cumpriu o papel de criar uma ambiência propícia para a aprendizagem ativa e colaborativa.

a) Abstração espacial e temporal

Embora o BIOGAME não tenha sido projetado com foco direto na ruptura entre escalas microscópicas e perceptíveis, a estrutura de perguntas que exigem raciocínio genético intergeracional e cruzamentos genéticos favoreceu a mobilização de conceitos que envolvem temporalidades ampliadas como o deslocamento do tempo individual para o tempo da transmissão genética. Além disso, os mapas mentais distribuídos como apoio visual auxiliaram os estudantes a imaginar e entender estruturas não observáveis (genes, alelos, DNA) desenvolvendo uma forma inicial de abstração espacial.

No entanto, o jogo não incluía representações explícitas que conectassem diferentes níveis organizacionais da biologia — molecular, celular e fenotípico. Em outras palavras, não havia elementos que mostrassem, por exemplo, como uma sequência de DNA (nível molecular) influencia a estrutura de uma célula ou o fenótipo do organismo (nível fenotípico). Essa limitação impede a construção de relações mais complexas entre os conceitos, tornando necessário que o professor complemente a atividade com modelos visuais, simulações ou atividades reflexivas que integrem esses níveis.

b) Linguagem simbólica

O jogo demonstrou contribuições mais claras no que se refere à linguagem simbólica da genética. As perguntas, especialmente de nível médio e difícil, exigiam a manipulação de símbolos

genéticos (ex.: AA, Aa, aa), relações de dominância e recessividade, e interpretação de cruzamentos. A lógica da competição e da resolução em grupo favoreceu a explicitação de raciocínios, promovendo momentos de negociação conceitual entre os pares, condição essencial, segundo Vygotsky (1987), para a mediação de sistemas simbólicos.

Apesar desse avanço, a simbologia trabalhada esteve restrita à genética mendeliana clássica. A ausência de notações da genética molecular (como códons, sequências de nucleotídeos, nomes de proteínas ou variações alélicas) indica uma limitação de escopo, que poderia ser superada com a criação de novos blocos temáticos de perguntas, ampliando o campo conceitual envolvido no jogo.

c) Natureza probabilística

A estrutura de sorteio das dificuldades com valores de pontuação associados (5, 10, 15 pontos) cria uma situação de risco controlado, exigindo dos grupos escolhas estratégicas que envolvem estimativas informais de probabilidade. Embora não trate diretamente de proporções genéticas, a dinâmica do jogo simula incertezas que podem favorecer, de modo contextualizado, o desenvolvimento de raciocínios probabilísticos. No entanto, não foram observadas no jogo perguntas que abordassem diretamente a noção de frequência populacional, segregação aleatória ou variabilidade fenotípica, aspectos essenciais da genética como ciência estatística. Assim, a contribuição do jogo nessa dimensão é indireta, mas potencial e poderia ser ampliada com a inserção de perguntas baseadas em dados populacionais simulados ou análise de gráficos de herança.

De modo geral, o BIOGAME demonstrou potencial como ferramenta de apoio ao ensino de Genética, especialmente por promover engajamento dos estudantes, incentivar o uso da linguagem simbólica e introduzir noções importantes sobre tempo e probabilidade. Ainda que não substitua outras estratégias pedagógicas mais aprofundadas, o jogo se mostra eficaz como ponto de partida para enfrentar obstáculos epistemológicos, sobretudo quando aliado a intervenções complementares do professor que ampliem e consolidem os conceitos trabalhados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise realizada neste estudo permitiu refletir, sobre as potencialidades e limitações do jogo pedagógico BIOGAME como recurso mediador no enfrentamento dos obstáculos epistemológicos recorrentes no ensino de genética. Ao ser interpretado como um dispositivo semiótico, o jogo mostra pontos positivos no estímulo à participação dos estudantes, no



favorecimento da articulação conceitual e no convite à mobilização de conteúdos de forma contextualizada e lúdica.

Contudo, também se observou que a estrutura do BIOGAME, por si só, não garante rupturas cognitivas nem aborda diretamente algumas das dimensões mais desafiadoras do pensamento genético, como a abstração simbólica e a natureza probabilística dos fenômenos hereditários. Sua contribuição, portanto, deve ser compreendida como pontual e parcial como um ponto de partida fértil, mas não uma solução definitiva.

A pesquisa não teve como objetivo avaliar o impacto do jogo em termos de aprendizagem mensurável, mas sim compreender sua coerência interna diante dos desafios teóricos identificados na literatura especializada. Nesse sentido, constatou-se que, embora o BIOGAME não tenha sido originalmente concebido a partir da epistemologia dos obstáculos, ele apresenta aproximações importantes com uma perspectiva progressista de ensino que valoriza a problematização, a interação entre pares e a construção ativa do conhecimento.

Recomenda-se, para estudos futuros, a ampliação e o refinamento de jogos como o BIOGAME, com base em diretrizes teóricas mais intencionalmente alinhadas à superação dos obstáculos epistemológicos específicos da genética. Igualmente, destaca-se a importância de investigações empíricas com acompanhamento sistemático das aprendizagens geradas, bem como a formação docente voltada à leitura crítica e ao uso qualificado de recursos didáticos inovadores.

Por fim, este estudo reforça, assim, a tese de que o enfrentamento dos desafios conceituais no ensino de genética exige mais do que mudanças metodológicas: requer um olhar epistemologicamente fundamentado sobre as formas de pensar dos estudantes, as mediações pedagógicas possíveis e os modos como o conhecimento científico se constitui historicamente.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio concedido por meio do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID), que possibilitou o desenvolvimento das ações relatadas neste trabalho. Agradecemos igualmente à Escola de Referência em Ensino Médio Confederação do Equador, localizada em Paudalho/PE, pela parceria e acolhida durante a aplicação do jogo pedagógico BIOGAME, bem como aos estudantes e professores envolvidos cuja participação foi essencial para a realização desta experiência educativa. Por fim, expressamos gratidão aos colegas e ao

supervisor do PIBID-Biologia, cujas contribuições teóricas e práticas fortaleceram o processo de reflexão e aprimoramento das atividades pedagógicas aqui descritas.

REFERÊNCIAS

ADÚRIZ-BRAVO, A. ALZATE QUINTERO, G. C.; PUJALTE, A. P.; TAMAYO ALZATE, Ó. E. Concepções de ensino sobre a natureza da ciência: obstáculos epistemológicos que aparecem entre os professores de ciências. **Revista Internacional de Pesquisa em Didática das Ciências e Matemática**, v. 4, e023004, 2023. Disponível em: <https://periodicoscientificos.itp.ifsp.edu.br/index.php/revin/article/view/872>. Acesso em: 20 jul. 2025.

ALBERTS, B.; JOHNSON, A.; LEWIS, J.; RAFF, M.; ROBERTS, K.; WALTER, P. Fundamentos da Biologia Celular. 4. ed. Porto Alegre: **Artmed**, 2017.

ALVES, F. R. V. CAVALCANTE, M. R. Obstáculos (epistemológicos) e o ensino de ciências e matemática. **Interfaces da Educação (Paranaíba)**, v. 8, n. 23, p. 253–274, 2017. DOI: 10.26514/inter.v8i23.1603. Disponível em: <https://periodicosonline.uems.br/index.php/interfaces/article/view/1603>. Acesso em: 23 jul. 2025.

BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Rio de Janeiro: **Contraponto**, 1996.

BARROS, T. P.; SOUZA, M. R. C. e. Obstáculos epistemológicos no uso de jogos para o ensino de ciências. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 3, p. 20946-20955, mar. 2021. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/download/25494/20306/65589> Acesso: 23 e Jul. de 2025.

DIONNE, D.; M.J.; ANDERSEN, C.; S.; TIRUP, P.; L.; et al. The challenge of changing a genetics deterministic teaching tradition – teachers' views on including epigenetics in the genetics curriculum. **Science & Education**, v.?, p.?, 2025. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11191-025-00666-9>. Acesso em: 23 jul. 2025.

FISCHBEIN, E. ; SCHNARCH, D. The evolution with age of probabilistic, intuitively based misconceptions. **Journal for Research in Mathematics Education**, v.28, n.1, p.96–105, 1997. Disponível em: <https://pubs.nctm.org/view/journals/jrme/jrme-overview.xml> Acesso em: 23 de JUL. de 2025

GERICKE, N. M.; HAGBERG, M. Definition of historical models of gene function and their relation to students' understanding of genetics. **Science & Education**, v. 16, n. 7-8, p. 849–881, 2007. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/225735356> Definition of historical models of gene function and their relation to students%27 understanding of genetics Acesso: 24 de Jul. 2025



KNIPPELS, M. C. P. J.; WAARLO, A. J.; BOERSMA, K. T. Design criteria for learning and teaching genetics. **Journal of Biological Education**, v. 39, n. 3, p. 108–112, 2005. Disponível em: https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00219266.2005.9655976?utm_source=chatgpt.com Acesso em: 15 jul. 2025.

KONOLD, C.; MADDEN, S.; POLLATSEK, A.; PFANNKUCH, M.; WILD, C.; ZIEDINS, I.; FINZER, W.; HORTON, N.J.; KAZAK, S. Conceptual challenges in coordinating theoretical and data-centered estimates of probability. **Mathematical Thinking and Learning**, v. 13, n. 1, p. 68–86, 2011. Disponível em: <https://open.metu.edu.tr/handle/11511/100748> Acesso: 15 de Jul. 2025

KNIPPELS, M. C. P. J.; WAARLO, A. J.; BOERSMA, K. T. Design criteria for learning and teaching genetics. **Journal of Biological Education**, v. 39, n. 3, p. 108–112, 2005. DOI: 10.1080/00219266.2005.9655976. Disponível em : <https://app.scinito.ai/article/W2015168643> Acesso: 04 de Ago. 2025

LOPES, A. R. C. Contribuições de Gaston Bachelard ao ensino de ciências. **Caderno Catarinense do Ensino de Física**, Florianópolis, v. 13, n. 3, p. 248-273, 1996. Disponível em: <https://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/download/21303/93272> ONDE SE ENCONTRA?Acesso em: 04 de Ago. 2025.

OESTREICH, L.; SILVEIRA, M. S.; GOLDSCHMIDT, A. I. Obstáculos epistemológicos ao ensinar biologia celular: uma reflexão da prática docente. In: **Seminário internacional de educação – SIEDUCA**, Canoas: ULBRA, 2022. Anais. Disponível em: <https://www.ulbracds.com.br/index.php/sieduca/article/view/2830>. ONDE SE ENCONTRA? Acesso em: 23 jul. 2025.

PAIVA, Ana Luiza Bittencourt; MARTINS, Carmen Maria de Cairo. Concepções prévias de alunos do terceiro ano do Ensino Médio a respeito de temas na área de Genética. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 7, n. 3, p. 182–201, 2005. Disponível: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=129516185003> Acesso em: 18 jul. 2025.

SILVA, C. C.; CABRAL, H. M. M.; CASTRO, P. M.. Investigando os obstáculos da aprendizagem de genética básica em alunos do ensino médio. **ETD - Educação Temática Digital**, Campinas, SP, v. 21, n. 3, p. 770-791, 2019. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/etd/article/view/8651972> Acesso em: 3 ago. 2025

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**. São Paulo: Martins Fontes, 1987.