

BIOTECNOLOGIA DE BAIXO CUSTO NO ENSINO MÉDIO PÚBLICO: EXTRAÇÃO DE DNA, CINEMA E BIOÉTICA NA INICIAÇÃO À DOCÊNCIA

LOW-COST BIOTECHNOLOGY IN PUBLIC SECONDARY EDUCATION: DNA EXTRACTION, CINEMA AND BIOETHICS IN PRE-SERVICE TEACHER EDUCATION

Isabela Martins Pereira

Graduanda em Ciências Biológicas da Universidade Veiga de Almeida (UVA/RJ).

E-mail: isabelamape580@gmail.com

Júlia Borges Dias

Graduanda em Ciências Biológicas da Universidade Veiga de Almeida (UVA/RJ).

E-mail: juh0602@gmail.com

Lorena Pereira Cerqueira

Graduanda em Ciências Biológicas da Universidade Veiga de Almeida (UVA/RJ).

E-mail: lorenacerqueira00@gmail.com

Raniely Brenda Aniceto da Silva

Graduanda em Ciências Biológicas da Universidade Veiga de Almeida (UVA/RJ).

E-mail: ranieaniceto7@gmail.com

Samara da Cruz Palma

Graduanda em Ciências Biológicas da Universidade Veiga de Almeida (UVA/RJ).

E-mail: samaraemel@hotmail.com

Rose Neves Damasceno

Professora da Secretaria Estadual de Educação do Rio de Janeiro (SEEDUC/RJ)

E-mail: botanicatam@yahoo.com.br

Thiago de Ávila Medeiros

Doutor em Ensino de Ciências. Professor do Centro Universitário São José (UNIS8OJOS8/RJ) e da Universidade Veiga de Almeida (UVA/RJ).

E-mail: botanicatam@yahoo.com.br

RESUMO

Este artigo relata e analisa uma sequência didática de Biotecnologia desenvolvida em 2025 por licenciandas em Ciências Biológicas, bolsistas do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID), com turmas de terceiro ano do Ensino Médio de um colégio estadual do Rio de Janeiro. A sequência articulou três momentos complementares: a aula prática de extração de DNA de banana, com materiais de baixo custo, realizada no laboratório da escola em todas as turmas; o cine-debate bioético com o filme *Gattaca*, dedicado à eugenia, à seleção genética e à discriminação; e o júri simulado sobre organismos geneticamente modificados, biopirataria e patenteamento de seres vivos, planejado pelas bolsistas e realizado como avaliação trimestral. A experiência é examinada por meio da sistematização dos relatórios mensais de cinco licenciandas, submetidos à análise documental de base temática com triangulação entre os registros. Os resultados documentam engajamento expressivo dos estudantes na atividade experimental, apropriação do debate bioético e desiguais resultados do júri entre as turmas, todos tratados com transparência. Conclui-se que a experimentação de baixo custo, articulada ao cinema e à simulação argumentativa, constitui um caminho viável para o ensino de Biotecnologia na escola pública, aproximando o conteúdo científico, as questões sociocientíficas e a formação cidadã, com contribuições relevantes para a formação inicial docente.

Palavras-chave: Biotecnologia, Extração de DNA, Experimentação de Baixo Custo, Bioética, PIBID.

ABSTRACT

This article reports and analyzes a Biotechnology didactic sequence developed in 2025 by pre-service Biology teachers, scholarship holders of the Institutional Program for Teaching Initiation Scholarships (PIBID), with third-year secondary school classes at a state school in Rio de Janeiro. The sequence articulated three complementary moments: the hands-on DNA extraction from bananas with low-cost materials, carried out in the school laboratory in all classes; the bioethical film debate on *Gattaca*, dedicated to eugenics, genetic selection and discrimination; and the mock trial on genetically modified organisms, biopiracy and the patenting of living beings, planned by the scholarship holders and carried out as a term assessment. The experience is examined through the systematization of the monthly reports of five pre-service teachers, submitted to thematic documentary analysis with triangulation between records. The results document expressive student engagement in the experimental activity, appropriation of the bioethical debate and uneven results of the mock trial among classes, treated with transparency. It is concluded that low-cost experimentation, articulated with cinema and argumentative simulation, is a viable path for teaching Biotechnology in public schools, bringing together scientific content, socio-scientific issues and citizenship education, with relevant contributions to pre-service teacher education.

Keywords: Biotechnology, DNA Extraction, Low-Cost Experimentation, Bioethics, PIBID.

1. INTRODUÇÃO

A Biotecnologia ocupa posição singular no currículo do Ensino Médio: é, ao mesmo tempo, um dos campos de maior presença na vida contemporânea, dos testes de paternidade aos alimentos transgênicos e às terapias gênicas, e um dos mais difíceis de ensinar, por sua abstração molecular e pela distância entre a escola pública e os laboratórios onde essa ciência se produz. A Base Nacional Comum Curricular enfrenta essa tensão ao prever, na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, que os estudantes analisem e discutam os avanços da genética e suas implicações éticas, sociais e ambientais, bem como avaliem os riscos e benefícios de suas aplicações (BRASIL, 2017). Ensinar Biotecnologia, nessa chave, é ensinar simultaneamente um conteúdo científico e um debate público.

Dois obstáculos, contudo, se interpõem a esse ensino na escola pública. O primeiro é material: a experimentação, reconhecida como componente formativo central do ensino de Ciências, por sua capacidade de motivar, aproximar teoria e fenômeno e ensinar a própria natureza da investigação (GIORDAN, 1999), esbarra em laboratórios desativados, na falta de insumos e na ausência de tradição experimental. O segundo é discursivo: as questões sociocientíficas da Biotecnologia, dos organismos geneticamente modificados à edição genética, chegam aos estudantes pelas redes sociais, em versões polarizadas e frequentemente desinformadas, sem que a escola as trabalhe como objeto de argumentação fundamentada, na direção do que propõe a abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (SANTOS; MORTIMER, 2002).

Este artigo relata e analisa uma experiência que enfrentou os dois obstáculos de forma articulada. Entre maio e agosto de 2025, cinco licenciandas em Ciências Biológicas, bolsistas do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID), desenvolveram, com a professora supervisora e seis turmas de terceiro ano do Ensino Médio de um colégio estadual do Rio de Janeiro, uma sequência didática de Biotecnologia em três movimentos: a aula prática de extração de DNA de banana com materiais de baixo custo, realizada no laboratório da escola; o cine debate bioético com o filme Gattaca; e o júri simulado sobre organismos geneticamente modificados, biopirataria e patenteamento de seres vivos, executado como avaliação trimestral.

O objetivo é descrever analiticamente essa sequência, com base na sistematização dos relatórios mensais das bolsistas, e discutir suas contribuições para o ensino de Biotecnologia na escola pública e para a formação inicial de professores. Argumenta-se que a força da experiência está na sua arquitetura: a prática experimental tornou o gene visível, o cinema tornou o dilema sensível e o júri tornou o argumento necessário, compondo um percurso que conduziu os estudantes do fenômeno ao juízo ético fundamentado.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Experimentação e investigação no ensino de Biologia

A defesa da experimentação no ensino de Ciências é antiga e consistente. Giordan (1999) sintetiza suas funções: a experimentação motiva, desperta a atenção, articula fenômeno e teoria e, quando conduzida em chave investigativa, aproxima o estudante do próprio modo de produção do conhecimento científico, com a formulação de perguntas, o controle de condições e a interpretação de resultados. No mesmo sentido, a tradição do ensino por investigação sustenta que a atividade experimental ganha valor formativo quando deixa de ser mera demonstração espetacular e passa a ser um problema a resolver, com espaço para a ação intelectual do estudante, para a

argumentação e para o erro produtivo (CARVALHO, 2013). No repertório das modalidades didáticas do ensino de Biologia, as aulas práticas e as simulações ocupam lugar reconhecido precisamente por essa capacidade de engajar o estudante em operações que a exposição não mobiliza (KRASILCHIK, 2008).

No contexto da escola pública, a experimentação de baixo custo adquire um sentido suplementar, o da democratização. Protocolos que substituem reagentes e vidrarias por materiais domésticos, como detergente, sal de cozinha e álcool, não são versões empobrecidas da ciência: são traduções didáticas que preservam os princípios, no caso da extração de DNA, a lise das membranas, a precipitação salina e a insolubilidade do DNA em álcool, e devolvem à escola a possibilidade do fenômeno. A extração de DNA de frutas é, por isso, uma das práticas mais consagradas do ensino de genética, ao converter em experiência sensorial um conteúdo usualmente confinado a esquemas.

2.2. Biotecnologia, Bioética e a Abordagem CTS

Ensinar Biotecnologia é também ensinar a julgá-la. A abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade, em sua vertente educacional brasileira, propõe que os conteúdos científicos sejam trabalhados em articulação com seus contextos tecnológicos e sociais, formando estudantes capazes de participar das decisões públicas sobre ciência (SANTOS; MORTIMER, 2002). As questões da biotecnologia, transgênicos, seleção genética, patenteamento de seres vivos, são exemplares dessa proposta, pois não admitem resposta puramente técnica: envolvem valores, interesses e visões de sociedade.

É nesse ponto que a bioética entra como conteúdo escolar. Entendida como o campo que examina os conflitos morais suscitados pelas ciências da vida, a bioética oferece à escola um vocabulário para nomear dilemas, autonomia, justiça, discriminação, limites da intervenção sobre o humano, e uma tradição de argumentação pública sobre eles (DINIZ; GUILHEM, 2002). No Ensino Médio, seu tratamento não visa formar especialistas, e sim cidadãos capazes de reconhecer que toda tecnologia embute escolhas, e de participar dessas escolhas com fundamento.

2.3. Cinema e Simulação Argumentativa Como Mediações Didáticas

Entre os recursos capazes de dar carne aos dilemas bioéticos, o cinema ocupa uma posição privilegiada. Napolitano (2003) sustenta que trabalhar com o cinema em sala de aula é trabalhar com a cultura do estudante, e que o filme, quando tratado como texto a ser lido, e não como ilustração ou passatempo, permite problematizar valores, representações e ideologias. Obras de ficção científica como *Gattaca*, que imagina uma sociedade organizada pela seleção genética, funcionam como experimentos mentais coletivos: projetam as consequências sociais de uma tecnologia e convidam o espectador a julgá-las.

O julgamento, por sua vez, pode, por si só, virar um dispositivo didático. O júri simulado, segundo a sistematização de Anastasiou e Alves (2004), coloca os estudantes em papéis de defesa e de acusação diante de um

caso, mobilizando a análise, a organização de dados, a argumentação e a tomada de decisão. Aplicado às questões sociocientíficas, o júri converte a controvérsia em uma estrutura pedagógica: obriga cada parte a conhecer o melhor argumento da outra. Trata-se de uma configuração exemplar de metodologia ativa, em que o estudante assume a autoria do percurso e o professor a mediação (BACICH; MORAN, 2018).

3. PERCURSO METODOLÓGICO

Este trabalho caracteriza-se como um relato de experiência analítico, de abordagem qualitativa (MINAYO, 1994), construído por meio da sistematização de experiências, entendida como a interpretação crítica de uma experiência a partir de seu ordenamento e de sua reconstrução, para explicitar a lógica do processo vivido e extrair aprendizagens comunicáveis (JARA HOLLIDAY, 2006).

A fonte documental primária são os relatórios mensais de cinco licenciandas bolsistas do PIBID, relativos ao período de maio a agosto de 2025, elaborados em formulário padronizado do programa, com registro semanal das atividades e campos de evidências. Integram o corpus, ainda, dois documentos didáticos anexados aos relatórios: o plano da aula prática de extração de DNA, com roteiro de cinco questões investigativas, acompanhado de gabaritos, e a proposta completa do júri simulado, com papéis, temas, dinâmica de réplicas e tréplicas e critérios de avaliação. Os documentos foram submetidos à análise documental, com tratamento de análise de conteúdo de base temática (BARDIN, 2011), nos três momentos clássicos: a pré-análise, a exploração do material e o tratamento e a interpretação, com as unidades de significado agregadas em torno dos três movimentos da sequência didática. A condição de observadoras participantes das licenciandas, que registram o ambiente em que atuam (LÜDKE; ANDRÉ, 1986), é assumida como característica constitutiva do material.

A reconstrução apoiou-se na triangulação entre os registros: cada momento da sequência foi datado e descrito a partir da convergência de, no mínimo, dois relatórios independentes, e os momentos centrais, a aula de PCR e eletroforese, a extração de DNA e o cine debate, contam com a convergência de quatro relatoras. As divergências identificadas foram tratadas explicitamente: pequenas diferenças no número de questões das atividades escritas foram registradas sem prejuízo do consenso sobre a natureza das tarefas, e a mudança da fruta utilizada na extração, do morango planejado para a banana executada, está documentada em um dos relatórios com sua justificativa prática, a indisponibilidade do morango no comércio local, e é aqui relatada como decisão de adaptação ao contexto. Identificou-se, ainda, acentuado paralelismo textual entre os registros de duas relatoras que atuavam nas mesmas turmas, aqui tratado como registro compartilhado do mesmo grupo de trabalho, computado como uma única fonte para fins de triangulação.

Quanto aos aspectos éticos, os estudantes da educação básica não são identificados; as turmas são referidas apenas como turmas de terceiro ano; e os excertos dos relatórios são citados com as licenciandas designadas por letras. Assumem-se como limitações a natureza descritiva dos registros, a ausência de instrumentos de mensuração de aprendizagem e o caráter não generalizável do relato, cujo propósito é compreender, comunicar e oferecer hipóteses interpretativas para investigações futuras.

4. A SEQUÊNCIA DIDÁTICA VIVIDA

4.1. Do Conceito ao Método: Material Genético, PCR e Eletroforese

A sequência inseriu-se no segundo trimestre letivo de 2025, cujo eixo era a genética molecular e a biotecnologia. Em meados de maio, as turmas revisitaram o material genético e a síntese proteica e, na última semana do mês, a Biotecnologia foi formalmente introduzida em aula no auditório, com a apresentação de suas vertentes e do código de cores que as representa: a verde da agricultura, a vermelha da saúde, a azul-marinho, a branca industrial, a cinza ambiental e a preta da bioética. Um dos registros relata a participação surpreendente de uma turma usualmente apática nesse debate inicial. No início de junho, o percurso avançou para os métodos, com aulas sobre a reação em cadeia da polimerase, apresentada em suas três etapas: desnaturação, anelamento e extensão, e sobre a eletroforese em gel de agarose, seguidas de exercícios de identificação de DNA. Os registros apontam para um maior interesse dos estudantes por aplicações concretas, dos testes de paternidade às investigações forenses, interesse que preparou o terreno para a prática da semana seguinte.

4.2. O DNA visível: A Extração com Materiais de Baixo Custo

A aula prática ocorreu na semana de 9 a 13 de junho de 2025, no laboratório da escola, e foi conduzida pelas bolsistas nas turmas que acompanhavam, com slides introdutórios elaborados por uma delas, e com a divisão do trabalho de provisão dos materiais entre as licenciandas e a professora supervisora. O planejamento original previa o morango, fruta clássica dos protocolos escolares, mas a indisponibilidade no comércio local levou à substituição pela banana, decisão que em nada comprometeu o resultado e ilustra a adaptabilidade exigida pela escola real. O protocolo, integralmente registrado, utilizou apenas materiais domésticos: a solução de extração com água, detergente neutro e sal de cozinha; o preparo da fruta amassada em saco plástico; a mistura delicada para evitar espuma; a filtração em peneira; e a adição lenta de álcool gelado, formando a camada em que o DNA precipita como um emaranhado esbranquiçado e filamentosos. O plano didático anexo aos relatórios acompanhou o protocolo com um roteiro investigativo de cinco questões com gabaritos, do papel do detergente na dissolução das membranas lipídicas à razão pela qual não se enxerga a dupla hélice, respondida pela distinção entre a molécula, de dois nanômetros de diâmetro, e o emaranhado de milhares de moléculas que os olhos veem.

A dinâmica combinou demonstração e execução autônoma: após a explicação passo a passo, as turmas se dividiram em quatro grupos, um por bancada, e cada grupo realizou a própria extração, avaliada por meio de uma pontuação de participação. Nas turmas acompanhadas por outra dupla de bolsistas, a condução coube à professora, enquanto os grupos executavam o protocolo. Em uma delas, um grupo não obteve êxito, possivelmente devido a um erro na proporção dos reagentes, e o insucesso foi aproveitado didaticamente, na melhor tradição investigativa do erro como dado. Os registros do engajamento são eloquentes. Um deles descreve a sala cheia de risadas e comentários animados sobre o cheiro e a textura da banana, e outro registra o momento da revelação:

“‘Esse aqui é o DNA da banana’, disse isso a cada grupo de alunos, logo na turma [...] que é a primeira que acompanhamos, fiquei feliz, a sala se encheu de aplausos e expressões de surpresa e alegria.” (Licencianda B, relatório de junho de 2025).

Dois registros complementares merecem destaque. O primeiro é o espanto epistemológico anotado por uma das relatoras, para quem muitos alunos se mostraram impressionados ao verem o DNA a olho nu pela primeira vez, materializando aquilo que outro registro formulara como expectativa: transformar gráficos e desenhos em realidade. O segundo é institucional: o laboratório da escola, que um dos relatórios descreve como subutilizado, quase convertido em depósito de livros, foi reocupado pela atividade, e a prática foi repetida em todas as turmas de terceiro ano, alcançando o conjunto dos estudantes do segmento.

4.3. O Dilema Sensível: Bioética e o Cinedebate com Gattaca

Na semana seguinte, a sequência deslocou-se do fenômeno ao juízo. A bioética foi introduzida por meio de um texto de apoio e de questões registradas no quadro pela professora, trabalhadas em pequenos grupos, e os registros vão desde a pergunta arguta de um estudante sobre a diferença entre ética médica e bioética até a heterogeneidade de engajamento entre as turmas. Na última semana de junho, todas as turmas do terceiro ano assistiram, no auditório, a *Gattaca*, obra de ficção científica que imagina uma sociedade estruturada pela seleção genética, e o filme foi seguido de atividade escrita e de debate sobre eugenia, discriminação social, determinismo biológico e os limites éticos da intervenção genética. Um dos registros sintetiza o rendimento da atividade ao apontar que ela permitiu a identificação e a análise de questões bioéticas, como a seleção genética e a liberdade individual. Um registro adicional, revelador do tempo presente, anota que parte dos estudantes recorreu a ferramentas de inteligência artificial para responder às questões, comprometendo a análise individual, observação que insere no cotidiano da sequência o mais novo dos dilemas tecnológicos e que foi tratada pelas bolsistas como problema de integridade acadêmica a discutir com as turmas.

4.4. O Argumento Necessário: O Júri da Biotecnologia

O terceiro movimento converteu o debate em avaliação. As bolsistas planejaram, em documento anexado aos relatórios de junho, um tribunal simulado como trabalho avaliativo do trimestre, valendo três pontos: as turmas seriam divididas em acusação e defesa para julgar temas da Biotecnologia com presença no debate público e nos exames nacionais, os organismos geneticamente modificados na agricultura, com seus riscos e benefícios sanitários, ambientais e socioeconômicos, a biopirataria na Amazônia e o patenteamento de genes e organismos vivos, este ilustrado por um caso empresarial contemporâneo de desextinção. A dinâmica previa pesquisa escrita, sustentação oral com réplicas e tréplicas, júri composto pela professora e pelas bolsistas, critérios explícitos de avaliação e nota conjunta por grupo, com a participação de todos como requisito. O propósito formativo declarado no plano é eloquente: o conhecimento é primordial para combater a desinformação na população.

A execução, registrada no relatório de agosto, ocorreu em 14 de agosto de 2025, em dois tempos de cinquenta minutos, com a bolsista e a professora no papel de mediadoras, e produziu resultados deliberadamente desiguais, que os registros registram sem embelezamento. Uma turma superou as expectativas, com domínio do tema,

bons argumentos e um desenvolvimento descrito como perfeito. Outra teve desempenho parcial, com apenas um grupo de participação integral e debate pouco produtivo. Uma terceira não alcançou o esperado, evidenciando dificuldades de compreensão sobre o que constitui uma pesquisa escrita, com trabalhos apoiados em opiniões, o que levou ao cancelamento da atividade para aquela turma e à sua substituição por um questionário sobre o mesmo tema, aplicado duas semanas depois, com desenvolvimento satisfatório. Registre-se, por fim, que a prova trimestral aplicada na semana seguinte ao júri registrou, nas palavras do relatório, melhora nos resultados, com menor número de estudantes em recuperação, observação que, embora não permita inferência causal, compõe o quadro do trimestre.

5. DISCUSSÃO

Lida à luz do referencial, a experiência oferece, primeiro, uma demonstração prática do que a literatura da experimentação sustenta há décadas. A aula de extração de DNA cumpriu as funções que Giordan (1999) atribui à experimentação, motivou, aproximou teoria e fenômeno e ensinou procedimento, e o fez em chave investigativa, com roteiro de questões conceituais, execução autônoma pelos grupos e aproveitamento didático do insucesso de um deles, na direção do ensino por investigação (CARVALHO, 2013). O detalhe de que a prática custou pouco mais do que bananas, detergente, sal e álcool, e de que reocupou um laboratório à beira de virar depósito, confere à experiência um valor suplementar como demonstração de viabilidade: a escola pública pode experimentar, e a iniciação à docência pode ser o vetor dessa reativação.

Segundo, a arquitetura da sequência materializou a abordagem CTS em sua formulação educacional (SANTOS; MORTIMER, 2002). O percurso conduziu os estudantes do conteúdo, do material genético e dos métodos de análise ao fenômeno, o DNA visível no copo, ao dilema, a eugenia encenada por Gattaca, e ao juízo, o tribunal dos transgênicos, da biopirataria e das patentes. Cada mediação fez o que lhe é próprio: o cinema, tratado como texto e não como passatempo (NAPOLITANO, 2003), tornou sensíveis as consequências sociais da tecnologia; o júri simulado, na estrutura descrita por Anastasiou e Alves (2004), tornou a argumentação necessária, obrigando cada parte a conhecer as razões da outra; e a bioética forneceu o vocabulário do julgamento (DINIZ; GUILHEM, 2002). O conjunto respondeu, em ato, à prescrição da Base Nacional Comum Curricular de que os avanços da genética sejam discutidos em suas implicações éticas, sociais e ambientais (BRASIL, 2017).

Terceiro, os resultados desiguais do júri entre as turmas, longe de fragilizarem o relato, constituem talvez seu achado mais formativo. A diferença entre a turma que debateu com domínio e a que precisou de atividade substitutiva expõe o que a literatura das metodologias ativas por vezes silencia: estratégias que exigem autoria discente pressupõem repertórios, de pesquisa, de escrita, de oralidade, que são desigualmente distribuídos, e o professor precisa diagnosticá-los e construí-los, não presumi-los (BACICH; MORAN, 2018). A decisão das mediadoras de cancelar e substituir a atividade em uma turma, em vez de forçar um simulacro, foi um ato de julgamento pedagógico que a formação inicial raramente proporciona, e que aqui foi vivido e registrado. O episódio do uso de inteligência artificial nas respostas ao filme aponta na mesma direção, inserindo, na formação das licenciandas, o mais contemporâneo dos desafios da avaliação.

Por fim, no plano da formação docente, a sequência proporcionou às cinco licenciandas um ciclo completo e diferenciado: planejamento de aula prática com roteiro e gabaritos, provisão e adaptação de materiais, condução de experimento em turmas reais, elaboração de instrumento avaliativo complexo, mediação de julgamento argumentativo e gestão de imprevistos. São saberes da experiência, no sentido de Tardif (2002), construídos sob a dupla mediação que caracteriza o PIBID e que a avaliação nacional do programa aponta como seu diferencial (GATTI et al., 2014), a serviço de uma formação que ensina, com Freire (1996), que ensinar exige rigor metódico e, igualmente, a convicção de que a mudança é possível. As limitações declaradas na metodologia circunscrevem o alcance destas conclusões, que valem como experiência sistematizada e comunicável, e não como prova de eficácia.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A sequência didática aqui relatada evidencia que é possível ensinar Biotecnologia na escola pública articulando as três dimensões que o tema exige: o fenômeno, tornado visível pela extração de DNA com materiais de baixo custo; o dilema, tornado sensível pelo cine debate bioético com Gattaca; e o argumento, tornado necessário pelo júri simulado sobre os organismos geneticamente modificados, a biopirataria e o patenteamento da vida. Em quatro meses, seis turmas do terceiro ano de um colégio estadual viram o DNA a olho nu, discutiram a eugenia e julgaram os transgênicos, com engajamento documentado e dificuldades igualmente documentadas.

Para a formação inicial das licenciandas, a experiência proporcionou a vivência integral do ofício, do plano de aula com gabaritos ao julgamento pedagógico diante de imprevistos. Para a escola, devolveu o laboratório ao seu devido uso e a feira de argumentos ao seu devido lugar. Para o ensino de biotecnologia, ofereceu um desenho replicável e barato, cuja força está na articulação, e não em cada peça isoladamente.

Recomenda-se, para replicações, a incorporação de instrumentos simples de acompanhamento, como rubricas de argumentação no júri e questionários pré e pós-sequência, que permitam examinar os efeitos sobre a aprendizagem; o diagnóstico prévio dos repertórios de pesquisa e de escrita das turmas, à luz dos resultados desiguais aqui registrados; e o tratamento explícito do uso de inteligência artificial pelos estudantes, convertendo-o de um problema disciplinar em conteúdo de integridade acadêmica. A imagem que sintetiza a experiência é a do copo erguido diante da turma: entre o fenômeno que se vê e a sociedade que o julga, há um percurso pedagógico inteiro, e é nele que a escola pública, com suas bananas e seus tribunais, forma cidadãos e professores.

7. REFERÊNCIAS

ANASTASIOU, L. das G. C.; ALVES, L. P. (org.). **Processos de ensinagem na universidade**: pressupostos para as estratégias de trabalho em aula. Joinville: Univille, 2004.

BACICH, L.; MORAN, J. (org.). **Metodologias ativas para uma educação inovadora**: uma abordagem teórico-prática. Porto Alegre: Penso, 2018.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 2011.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2017.

CARVALHO, A. M. P. de (org.). **Ensino de ciências por investigação**: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

DINIZ, D.; GUILHEM, D. **O que é bioética**. São Paulo: Brasiliense, 2002. (Coleção Primeiros Passos).

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

GATTI, B. A. *et al.* **Um estudo avaliativo do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (Pibid)**. São Paulo: Fundação Carlos Chagas, 2014. (Coleção Textos FCC, v. 41).

GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de ciências. **Química Nova na Escola**, n. 10, p. 43-49, 1999.

JARA HOLLIDAY, O. **Para sistematizar experiências**. 2. ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2006.

KRASILCHIK, M. **Prática de ensino de biologia**. 4. ed. São Paulo: Edusp, 2008.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação**: abordagens qualitativas. São Paulo: EPU, 1986.

MINAYO, M. C. de S. (org.). **Pesquisa social**: teoria, método e criatividade. Petrópolis: Vozes, 1994.

NAPOLITANO, M. **Como usar o cinema na sala de aula**. São Paulo: Contexto, 2003.

SANTOS, W. L. P. dos; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 2, n. 2, p. 110-132, 2002.

TARDIF, M. **Saberes docentes e formação profissional**. Petrópolis: Vozes, 2002.