



BIOLOGIA FORENSE NO ENSINO DE GENÉTICA MOLECULAR EM TRÊS ESCOLAS ESTADUAIS DE CANTO DO BURITI (PI)

FORENSIC BIOLOGY IN THE TEACHING OF MOLECULAR GENETICS IN THREE STATE SCHOOLS IN CANTO DO BURITI (PI).

LA BIOLOGÍA FORENSE EN LA ENSEÑANZA DE LA GENÉTICA MOLECULAR EN TRES ESCUELAS PÚBLICAS DE CANTO DO BURITI (PI).

Thâmara Chaves Cardoso



Mestrado Profissional em Ensino de Biologia (PROFBIO/UESPI)
Professora na Secretaria Estadual de Educação e Cultura do Piauí (SEDUC/PI)

thamarachavescardoso@gmail.com

Michelle Mara de Oliveira Lima



Mestrado Profissional em Ensino de Biologia (PROFBIO/UESPI)
Professora no Instituto Federal do Piauí (IFPI)

michellelima@ifpi.edu.br

Francielle Aline Martins



Doutora em Genética e Melhoramento (UFV)
Professora da Universidade Estadual do Piauí (UESPI)

Docente no Programa de Pós-graduação em Ensino de Biologia (PROFBIO/UESPI)

franufv@yahoo.com.br

Pedro Marcos de Almeida



Doutor em Genética (UFPE)
Professor da Universidade Estadual do Piauí (UESPI)

Docente no Programa de Pós-graduação em Ensino de Biologia (PROFBIO/UESPI)

pedromarcosalmeida@yahoo.com.br

Resumo

O ensino contextualizado com questões sociocientíficas voltadas à realidade dos estudantes, aliado a práticas pedagógicas que estimulem o raciocínio mostra-se bastante produtivo na aprendizagem de Biologia e na formação de cidadãos críticos. O presente estudo, de natureza quali-quantitativa e de caráter interventivo, pretendeu desenvolver e aplicar uma sequência de ensino investigativa (SEI) como ferramenta problematizadora para o ensino de Genética em seis momentos: pesquisa e compartilhamento de vídeos, investigação de simulações de paternidade, montagem de cena de crime, extração de DNA e simulações lúdicas de Genética Molecular. A observação qualitativa evidenciou o posicionamento crítico e investigativo dos estudantes diante de problematizações e amadurecimento científico, enquanto a análise quantitativa demonstrou o desenvolvimento de habilidades e compreensão sobre a temática. Portanto, a SEI facilitou a compreensão da genética forense, minimizando o distanciamento entre a teoria e a prática, bem como despertou o interesse dos estudantes com relação ao estudo da Genética Molecular.

Palavras-chave: Biologia Molecular. Ensino médio. Modelos lúdicos.

Recebido em: 12 de julho de 2021.

Aprovado em: 14 de setembro de 2021.

Como citar esse artigo (ABNT):

CARDOSO, Thâmara Chaves *et al.* Biologia forense no ensino de genética molecular em três escolas estaduais de Canto do Buriti (PI). **Revista Prática Docente**, v. 6, n. 3, e080, 2021. <http://doi.org/10.23926/RPD.2021.v6.n3.e080.id1270>



Abstract

Teaching contextualized with socio-scientific issues focused on the students' reality, combined with pedagogical practices that encourage reasoning, proves to be quite productive in learning Biology and in the formation of critical citizens. The present study, of qualitative and quantitative nature and interventional character, intended to develop and apply an Investigative Teaching Sequence (ITS) as a problematizing tool for the teaching of Genetics in six moments: research and video sharing; investigation of paternity simulations; crime scene assembly; DNA extraction and playful Molecular Genetics simulations. Qualitative observation evidenced the critical and investigative position of students in the face of problematization and scientific maturation, while quantitative analysis demonstrated the development of skills and understanding of the subject. Therefore, ITS facilitated the understanding of forensic genetics, minimizing the gap between theory and practice, as well as aroused the interest of students in the study of Molecular Genetics.

Keywords: Molecular Biology. High school. Playful models.

Resumen

La enseñanza contextualizada con cuestiones sociocientíficas centradas en la realidad de los estudiantes, combinada con prácticas pedagógicas que incentivan el razonamiento, resulta bastante productiva en el aprendizaje de la Biología y en la formación de ciudadanos críticos. El presente estudio, de carácter cualitativo e intervencionista, tuvo como objetivo desarrollar y aplicar una Secuencia de Enseñanza Investigativa (SEI) como herramienta problematizadora para la enseñanza de la Genética en seis momentos. Busque y comparta videos; investigación de simulaciones de paternidad; montaje de la escena del crimen; Extracción de ADN y divertidas simulaciones de genética molecular. La observación cualitativa evidenció la posición crítica e investigadora de los estudiantes frente a la problematización y maduración científica, mientras que el análisis cuantitativo demostró el desarrollo de habilidades y comprensión sobre el tema. Por tanto, SEI facilitó la comprensión de la genética forense, minimizando la brecha entre la teoría y la práctica, además de despertar el interés de los estudiantes por el estudio de la Genética Molecular.

Palabras clave: Biología Molecular. Escuela secundaria. Modelos juguetones.



1 INTRODUÇÃO

A Genética é um dos componentes curriculares que geralmente são abordados de forma expositiva, generalizada e simplificada. Esse fato dificulta o aprendizado da maioria dos alunos, que, diante do modelo de avaliação vigente, tradicional e conteudista, apenas decora o que será cobrado na prova. Krasilchick (2005) aponta como possíveis causas a preparação deficiente dos docentes para o ensino problematizador, a falta de qualidade dos livros didáticos e a ausência de recursos materiais e financeiros para aulas experimentais nas escolas. Além disso, os alunos também encontram dificuldades quanto à complexidade dos termos e processos relacionados à Genética, em especial à Biologia Molecular e suas associações com o cotidiano (OLIVEIRA *et al.*, 2015; BRASIL, 2019).

Com os novos conhecimentos e as modernas técnicas de manipulação do DNA, é preciso repensar o ensino da Biologia Molecular, buscando novas formas de envolver os estudantes com questões sociocientíficas voltadas à sua realidade, a partir da compreensão dos conceitos fundamentais da área (NASCIMENTO; MEIRELLES, 2015). Nesse contexto, os professores devem escolher estratégias de ensino que permitam que o aluno exercite o pensamento e construa seu próprio saber, visto que o processo educacional deve estar cada vez mais contextualizado com o cotidiano dos alunos, os quais não devem ser meros receptores de conteúdos no processo de aprendizagem (SASSERON, 2015). De acordo com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), a prática pedagógica deve criar condições para que o aluno desenvolva habilidades necessárias para a sua vida social e profissional (BRASIL, 2019).

Considerando a importância do ensino investigativo, o presente estudo teve como objetivo desenvolver uma sequência de ensino investigativa (SEI) com práticas aplicadas à Genética Forense, bem como avaliar os conhecimentos e concepções prévias dos estudantes.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O aprendizado da Biologia Molecular contribui para a divulgação da ciência e tecnologia (C&T) e para a alfabetização científica dos estudantes, podendo estimular seu interesse e participação nas atividades escolares, auxiliando na formação de cidadãos críticos e capazes de opinar sobre questões do seu contexto social, o que pode promover a reflexão sobre as relações entre ciência, tecnologia e sociedade (SANTIAGO; SANTOS, 2015; BRASIL, 2019). A BNCC orienta que o conhecimento da estrutura molecular do DNA, bem como seus mecanismos de perpetuação, diferenciação e diversificação são alguns dos fundamentos



essenciais para que o estudante possa ter um posicionamento criterioso sobre as atribuições humanas no mundo contemporâneo (BRASIL, 2019).

A contextualização do ensino de técnicas moleculares pode ser bastante produtiva para o aprendizado escolar, como na Genética Forense, que permite a identificação de pessoas e serve de apoio aos tribunais de justiça (AMORIN *et al.*, 2015). A Genética Forense é o ramo da Biologia Molecular que estuda amostras e vestígios biológicos para obtenção de perfis genéticos, os quais são apresentados na forma de laudo pericial (AMORIN *et al.*, 2015). As técnicas moleculares aplicadas à Forense foram utilizadas pela primeira vez em 1986 para solucionar um caso de estupro e aprimoradas a partir da década de 1990, sendo úteis na identificação de cadáveres, vestígios de material genético e ainda na definição de laços de parentesco (RAMOS; AIRES; GÓES, 2018).

A Genética Forense utiliza várias ferramentas moleculares, como a extração do DNA, amplificação de sequências de microssatélites (DNA repetitivo) pela reação em polimerase de cadeia (PCR) e eletroforese. A extração do DNA é o passo inicial para realizar a maioria das práticas de biologia molecular. É possível obter DNA a partir de diversos tipos de tecidos e células e de diversos protocolos experimentais (CAVALCANTE *et al.*, 2018). Para os autores, esse processo consiste basicamente em romper as membranas celulares e purificar o DNA em solução.

A PCR é um procedimento através do qual é possível amplificar uma pequena quantidade de DNA encontrada e dessa forma realizar uma análise mais precisa (OLIVEIRA; PEREIRA, 2019). Essa amplificação é realizada *in vitro* utilizando regiões específicas da amostra do DNA, *primers*, desoxirribonucleotídeos trifosfatos (dNTPs), Taq polimerase, MgCl₂, tampão de PCR e um termociclador (OLIVEIRA; PEREIRA, 2019). Em seguida, o material amplificado é colocado em cuba de eletroforese com gel de agarose ou poliacrilamida, que permite a migração do DNA de acordo com a sua carga e peso molecular, o que resulta num padrão distinto de bandas ao longo do gel (XAVIER; CAVALCANTI, 2017).

A utilização de temas variados no desenvolvimento de atividades interdisciplinares no processo educacional estimula os estudantes a aplicar os fundamentos científicos para solucionar problemas fictícios, como os casos de criminalidade, por exemplo. Isso faz com que esse conhecimento se torne significativo, por ter uma aplicação social e propiciar um forte interesse dos estudantes em relação à perícia criminal (SOUZA *et al.*, 2015).



Técnicas moleculares são difíceis de ser aplicadas no ensino devido à falta de infraestrutura e à carência de laboratórios nas escolas (OLIVEIRA *et al.*, 2015), porém há estratégias alternativas, como o uso de maquetes, exibição de vídeos, práticas laboratoriais (extração de DNA), simulação da reação em cadeia de polimerase (PCR) e eletroforese, peças teatrais, dentre outras, as quais têm se mostrado bastante eficientes na aproximação dos estudantes da ciência, com consequente melhoria na aprendizagem em Biologia (ARAÚJO; BIZZO, 2015; PINHATI, 2015; RAMOS; AIRES; GÓES, 2018). No entanto, mesmo utilizando essas estratégias, na maioria das vezes, os docentes enfatizam um conhecimento que já chega pronto aos educandos, sendo absorvido de modo passivo e gerando poucas discussões por parte dos alunos (CARVALHO, 2013).

A fim de minimizar as dificuldades e melhorar a aprendizagem de Biologia, muitos autores defendem o uso de práticas pedagógicas que possam ir além da mera transmissão de conhecimentos e estimulem o raciocínio, o pensamento crítico e a interação dos estudantes na busca de solução para problemas propostos, configurando assim o ensino investigativo (SASSERON, 2015).

Na aula com esse caráter, o professor apresenta uma situação-problema a ser solucionada, estimula e orienta os alunos no levantamento de hipóteses, na busca de explicações e conclusões próprias e, finalmente, faz associações com conceitos científicos. Assim, permite que o aluno desenvolva habilidades e competências, elaborando argumentos e construindo seu conhecimento durante o processo (CARVALHO, 2013; SASSERON, 2015). Além disso, conforme a BNCC, é relevante que os conteúdos sejam trabalhados com problemas a serem resolvidos pelos estudantes com o auxílio do professor para a promoção do aprendizado ativo, especialmente em Biologia (BRASIL, 2019).

Na abordagem investigativa, o aluno aprende pela observação, planejamento, reflexão, interpretação e construção de explicações próprias para determinada teoria (ARAÚJO; BIZZO, 2015). Segundo os mesmos autores, essa perspectiva é centrada no aluno, no desenvolvimento da sua autonomia, bem como na sua capacidade de tomar decisões e resolver problemas. Dessa forma, ele pode aplicar seu conhecimento prévio na busca de solução para um problema, estabelecendo associações entre as informações que detém e a construção de uma explicação (SASSERON, 2015). Contempla-se, assim, o desenvolvimento de conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais (SOUZA JR., 2014). Souza Jr. (2014) ressalta que uma nova perspectiva educacional requer uma nova postura do professor, que assume um papel de



facilitador do processo ensino aprendizagem, estabelecendo uma relação de mediador com os alunos, os quais devem construir seu próprio conhecimento, deixando de ser apenas receptores de informações.

A perspectiva investigativa também é observada nas recomendações das dez competências gerais da BNCC para o Ensino Médio (BRASIL, 2019), segundo a qual o estudante deve desenvolver, entre outros, o pensamento científico, crítico e criativo, a comunicação, cultura digital, argumentação, empatia e cooperação. O documento ainda orienta que, entre as competências específicas para as ciências da natureza, está a análise de situações-problemas e a avaliação das aplicações do conhecimento científico e tecnológico, bem como a proposição de soluções considerando as demandas locais, regionais e globais, além da comunicação das conclusões a públicos variados, por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais.

3 PROCEDIMENTOS DO MÉTODO

3.1. CATEGORIZAÇÃO DA PESQUISA

O presente estudo é de abordagem qualitativa e quantitativa (LÜDKE; ANDRÉ, 2018) e foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Estadual do Piauí, sob o protocolo 3.192.797.

A pesquisa qualitativa utiliza “o ambiente natural como fonte direta de dados e o pesquisador como seu principal instrumento” (LÜDKE; ANDRÉ, 2018, p. 12). Os autores direcionam que, nessa abordagem de pesquisa, existe um contato direto entre o pesquisador e o objeto pesquisado, bem como com seu ambiente e situação. O estudo qualitativo permite a utilização de vários métodos de obtenção dos dados, enquanto o quantitativo visa à apresentação de dados mais objetivos e de natureza numérica (BARDIN, 2011).

A associação entre dados quantitativos e qualitativos permite o maior conhecimento sobre o estudo realizado (FLICK, 2009). O autor discorre que, apesar de se encontrarem na literatura argumentos que direcionam para incompatibilidade entre as duas abordagens de pesquisa, ao longo das décadas, muito tem se desenvolvido no que diz respeito a estratégias para unir a pesquisa qualitativa à quantitativa, construindo-se argumentos muito fortes, capazes de pôr fim à guerra de paradigmas.



3.2. AMOSTRA

O público participante da pesquisa foi constituído por 70 alunos de três turmas do 3º ano do Ensino Médio da rede pública estadual do município de Canto do Buriti (PI), sendo a primeira de ensino regular, com 30 alunos (16 a 18 anos); a segunda, de ensino técnico-profissionalizante em Administração, com 22 alunos (16 a 19 anos), e a terceira, da Educação de Jovens e Adultos (EJA), com 18 alunos (19 a 57 anos).

3.3. PROCEDIMENTOS

Todos os momentos da SEI foram orientados por problematizações levantadas pelo professor e discutidas entre os estudantes de cada turma, estimulando-os a levantarem hipóteses, propor explicações e fazer reflexões sobre as questões propostas.

Na pré-intervenção, foi aplicado um pré-teste com 21 questões fechadas, estruturadas, envolvendo a percepção (15 questões) e o conhecimento básico (6 questões) dos estudantes sobre as técnicas moleculares utilizadas na Forense. Após o pré-teste, foi levantada a seguinte problematização principal com os estudantes: como é possível a identificação de pessoas pelo DNA? Que ferramentas moleculares são utilizadas nesse processo? Qual a importância da Genética Forense e onde pode ser aplicada? O primeiro momento foi realizado durante 50 minutos.

No segundo momento, os estudantes, divididos em grupos e orientados pela problematização inicial, pesquisaram, durante uma semana, vídeos no YouTube sobre estrutura (grupo 1), replicação do DNA (grupo 2), extração do DNA (grupo 3), microssatélites (grupo 4), reação de polimerase em cadeia (PCR) (grupo 5), eletroforese (grupo 6) e genética Forense (todos os grupos), visando contextualizar o conteúdo a ser abordado durante as aulas. As interações discursivas continuaram fora do ambiente escolar, pelo *WhatsApp* (grupo “Aluno-perito”), sendo monitoradas e mediadas pela professora. Na aula presencial (2 h/a), cada grupo apresentou e explicou aos demais estudantes a importância do conteúdo dos vídeos.

No terceiro momento (2 h/a), a professora questionou: como o grau de parentesco entre pessoas pode ser determinado? Para resolver essa situação, os estudantes pesquisaram na internet, analisaram e discutiram seis diferentes simulações de paternidade (uma por grupo) com géis de eletroforese impressos em folhas de papel.

No quarto momento (2 h/a), a professora levantou a seguinte problemática: há crimes perfeitos? Os estudantes discutiram sobre o assunto, e fez-se a proposta de construir a cena de um crime. Para isso, os estudantes tiveram uma semana para planejar e elaborar a cena, além



de verificar como a perícia atua nessas situações. Durante a semana, a professora auxiliou e tirou as dúvidas dos alunos pelo grupo de *WhatsApp* da turma, ou presencialmente, quando houve necessidade. Os alunos dividiram-se em seis grupos, ficando cada grupo responsável por delimitar a função específica dos mesmos para investigar e resolver o caso. No dia da aula, os estudantes montaram a cena do crime na própria sala de aula, utilizando materiais simples e de baixo custo, como fita, cola, molho de tomate (simulador do sangue), caneta hidrocor etc. Depois que o material biológico do suspeito da cena do crime foi coletado, o professor levantou mais um questionamento: como o DNA pode ser obtido em laboratório?

No quinto momento (2 h/a), a professora levou os estudantes para o laboratório da escola e dividiu a turma em duas equipes, para que todos pudessem participar de forma ativa na extração do DNA (YAMAZAKI *et al.*, 2017). Cada grupo recebeu todo o material necessário (banana, água de torneira, sal de cozinha, detergente, álcool etílico, copos de vidro, peneira, colher, coador e gelo) e um banho-maria de uso comum. Todos os grupos realizaram a prática sob a supervisão da professora e de um técnico de laboratório.

No sexto momento (2 h/a), os estudantes foram instigados pela professora com a seguinte pergunta: será que o DNA extraído é suficiente para análise? Após levantarem suas hipóteses na sala de aula, os estudantes construíram, junto com a professora, um termociclador de forma artesanal, utilizando caixa de papelão, cartolina, tampas de garrafa e alguns tubos *eppendorfs* (RAMOS; ÁIRES; GÓES, 2018). Além disso, outro questionamento surgiu: como o DNA que já passou por tantos processos pode ser analisado e separado?

No sétimo momento (2 h/a), foi realizada uma prática lúdica na qual a professora, com o auxílio dos estudantes, montou uma cuba de eletroforese com gelatina, fios de cobre, fonte de energia, dentre outros materiais (PINHATI, 2015). Para concluir esse momento, os estudantes verificaram o padrão de bandas, analisando seis géis de eletroforese impressos. No final, cada grupo explicou como chegou às suas conclusões.

Todos os momentos descritos foram sumarizados no Quadro 1.



Quadro 1 - Atividades da sequência de ensino por investigação (SEI) realizada nas escolas estaduais de Ensino Regular, Profissionalizante e Educação de Jovens e Adultos no município de Canto do Buriti – PI

Momento	Carga horária	Objetivo	Estratégia
1º Pré-intervenção	1 h/a	Analisar a percepção e o conhecimento dos estudantes e formular a problematização principal.	<ul style="list-style-type: none"> - Aplicar o pré-teste para avaliar a percepção e o conhecimento prévio dos alunos; - Dialogar sobre as ferramentas moleculares utilizadas na genética Forense e no cotidiano dos alunos; - Estimular os alunos a levantar hipóteses, realizar reflexões e questionamentos sobre as questões propostas.
2º Recursos multimídia	2 h/a (Aula presencial)	Pesquisar vídeos no YouTube sobre a estrutura, replicação e extração do DNA; microssatélites; reação de polimerase em cadeia (PCR); eletroforese e Genética Forense.	<ul style="list-style-type: none"> - Pesquisa de vídeos e compartilhamento (<i>WhatsApp</i>) realizados pelos alunos com a professora e colegas durante uma semana antes da aula presencial; - Contextualizar e dialogar com os alunos sobre os vídeos apresentados por eles na aula presencial.
3º Simulação de paternidade	2 h/a	Analisar situações de paternidade a partir da problematização criada pela professora.	<ul style="list-style-type: none"> - Pesquisa na internet, análise e discussão de seis diferentes simulações de paternidade (uma por grupo) pelos alunos.
4º Cena do crime	2 h/a (aula presencial)	Preparar e montar a cena de um crime.	<ul style="list-style-type: none"> - Apresentar a questão problema; - No <i>WhatsApp</i> da turma, ou presencialmente, realizar o planejamento da cena do crime, divisão de tarefas, solução de dúvidas, críticas e sugestões dos alunos; - Dividir os alunos em seis grupos, ficando cada grupo responsável por delimitar a função específica para investigar e resolver o caso; - Preparar e montar (os alunos) a cena do crime na sala de aula, utilizando materiais simples e de baixo custo, como fita, cola, molho de tomate (simulador do sangue), caneta hidrocor etc. (aula presencial).
5º Extração do DNA	2 h/a	Compreender as etapas e a função de cada reagente na extração do DNA.	<ul style="list-style-type: none"> - Apresentar a questão problema; - Dividir a turma em duas equipes, para que todos possam participar de forma ativa na extração do DNA; - Disponibilizar todo o material necessário para cada grupo.
6º Termociclador	2 h/a	Construir de forma artesanal um termociclador.	<ul style="list-style-type: none"> - Apresentar a questão problema; - Construir um termociclador artesanal com os alunos, usando materiais simples e de baixo custo; - Verificar as principais etapas da PCR e suas aplicações.
7º Cuba de eletroforese	2 h/a	Construir uma cuba de eletroforese artesanal e entender como ocorre a migração do DNA.	<ul style="list-style-type: none"> - Apresentar a questão problema; - Construir uma cuba de eletroforese artesanal com os alunos; - Cada grupo de alunos analisou o padrão de bandas em seis géis de eletroforese impressos e explicou como chegou às suas conclusões.

Fonte: Dados da pesquisa (2020).



3.4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados da SEI foram analisados de forma quali-quantitativa. No pré-teste, em cada questão, o aluno(a) teve as seguintes opções: “Não, nunca ouvi falar”; “Já ouvi, mas não sei explicar”; “Sim, um pouco”; “Sim, mais ou menos” e “Sim, muito”. Cada opção foi associada a um escore de 0 a 4, respectivamente, e os dados foram expressos em porcentagem.

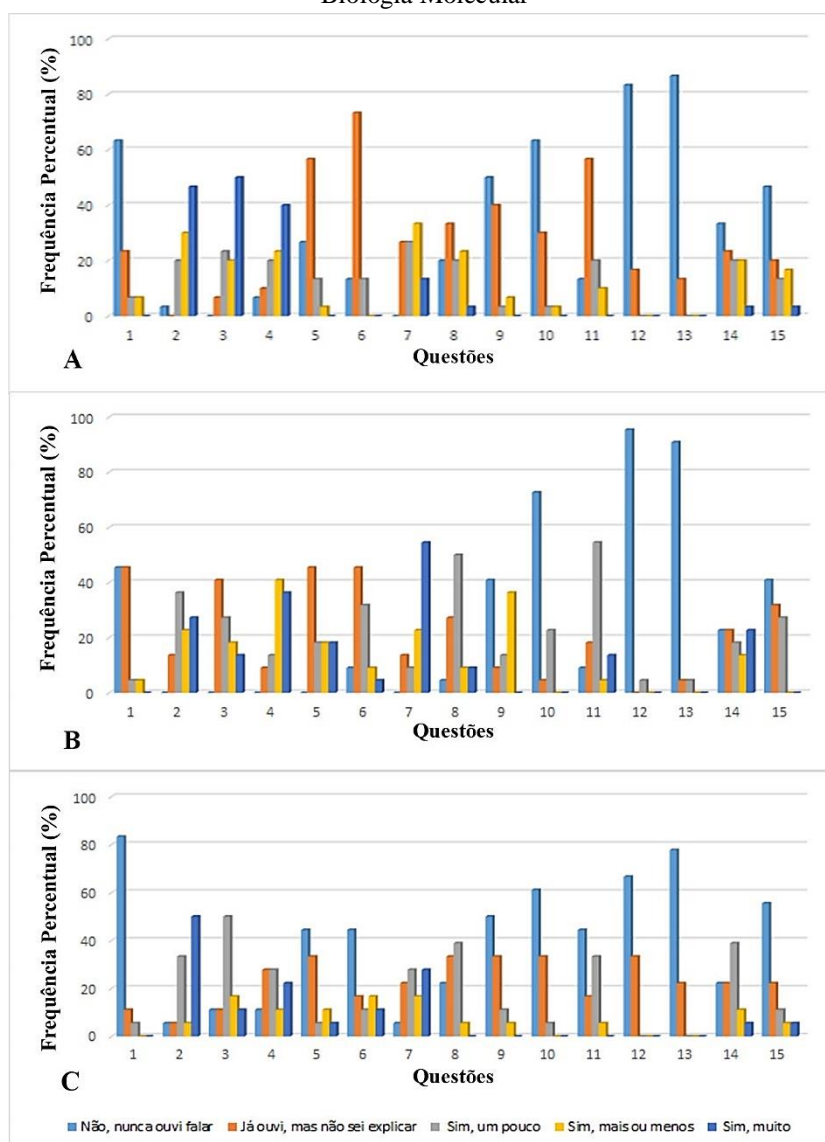
A análise qualitativa teve como foco as interações discursivas entre os estudantes em sala de aula e no *WhatsApp*, buscando-se verificar o posicionamento crítico e investigativo perante a situação-problema; o trabalho em grupo de forma colaborativa; o diálogo entre os estudantes, incluindo o respeito às diferenças; a compreensão e a organização conceitual da informação; a execução dos procedimentos; a elaboração de hipóteses e a exposição oral (SOUZA JR., 2014).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na perspectiva construtivista, é preciso inicialmente levar em consideração o conhecimento prévio do aluno, que determina como ele vê a realidade, influenciando assim nos critérios pessoais de observação e formulação de hipóteses, proposta inicial do ensino por investigação (CARVALHO, 2018). A análise prévia da percepção dos alunos sobre determinado fenômeno respeita a sua realidade e auxilia o professor a propor atividades contextualizadas, que influenciam no desenvolvimento de competências (BARCELOS *et al.*, 2019).

Na pré-intervenção, o resultado nas três escolas evidenciou total desconhecimento da maioria dos estudantes sobre a replicação do DNA (9), técnicas específicas como marcadores moleculares (10), PCR (12), eletroforese (13) e ainda sobre como identificar um criminoso pela Forense (15) (Figura 1 ABC). Resultado similar foi observado na questão 1 sobre a Forense no ensino regular e na EJA, embora seja um tema bastante citado e discutido nas mídias sociais e nos seriados de TV. O mesmo foi observado em relação às técnicas utilizadas na paternidade (14) no ensino regular; na Forense e técnicas moleculares com o cotidiano (5); aplicações da Biologia Molecular (6) e como o DNA é extraído (11), na EJA. As questões 1 (profissionalizante) e 14 (profissionalizante e EJA) tiveram a mesma frequência percentual com relação à opção “Já ouvi, mas não sei explicar”.

Figura 1 - Percepção dos estudantes de três escolas públicas estaduais de ensino Regular (A), de ensino profissionalizante (B) e de EJA (C) no município de Canto do Buriti (PI) em relação à Genética Forense e à Biologia Molecular



Temas das questões objetivas: 1. Definição de Forense. 2. Interesse por filmes e séries de investigação criminal. 3. Aprendizado em filmes e séries. 4. Práticas laboratoriais e o interesse e entendimento sobre a genética molecular aplicada à Forense. 5. Genética Forense e técnicas moleculares e a relação com o seu cotidiano. 6. Aplicações da Biologia Molecular. 7. Definição do DNA. 8. O que são genes? 9. O processo de replicação. 10. Marcadores moleculares do tipo microssatélites 11. Extração do DNA 12. Técnica da PCR. 13. Eletroforese 14. Técnicas utilizadas na análise de paternidade. 15. Identificação de um criminoso pela Forense.

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

A maior porcentagem dos estudantes que marcou a opção “Já ouvi, mas não sei explicar” demonstrou algum grau de conhecimento sobre a relação entre técnicas moleculares e o cotidiano (5) e aplicações da Biologia Molecular (6), no ensino regular (Figura 1A) e no ensino profissionalizante (Figura 1B). Resultado similar foi observado sobre genes (8) e extração do DNA (11) no ensino regular, e no fato de os filmes terem algo a ensinar (3), no ensino



profissionalizante. As questões sobre a estrutura do DNA (7), no ensino regular, e práticas laboratoriais (4), na EJA, tiveram a mesma frequência da opção “Sim, um pouco”.

A opção “Sim, um pouco” mostrou que os estudantes do ensino profissionalizante (Figura 1B) e da EJA (Figura 1C) possuem pouco interesse por séries de investigação policial (2 e 3), genes (8), extração de DNA (11) e paternidade (14). Na EJA, o conhecimento sobre a estrutura do DNA (7) teve a mesma frequência da opção “Sim, muito”.

Na opção “Sim mais ou menos”, as questões que demonstraram maior porcentagem foram a 7 (no ensino regular) (Figura 1A) e a 4 (no ensino profissionalizante) (Figura 1B), indicando um interesse por práticas laboratoriais (4) e conhecimento mediano sobre a estrutura do DNA (7).

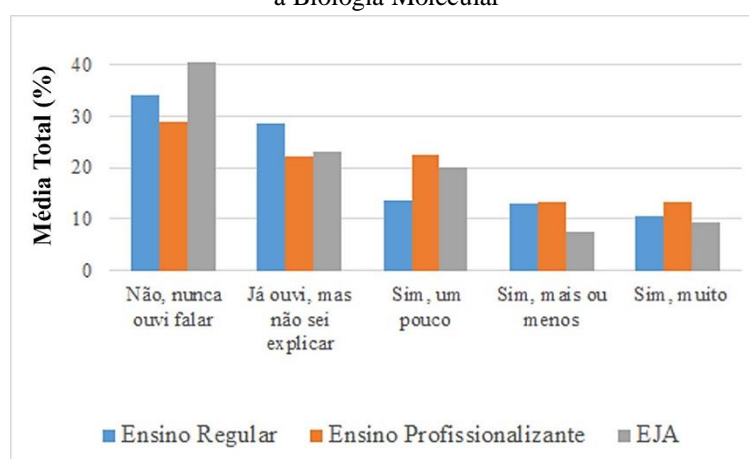
A maior porcentagem das questões com a opção “Sim, muito” evidenciou que os estudantes do ensino regular (Figura 1A) e da EJA (Figura 1C) apresentam maior interesse por filmes e/ou séries de investigação criminal (2) e acham que os filmes/séries (3) e práticas laboratoriais (4) poderiam aumentar o entendimento sobre a genética molecular aplicada à Forense. Furuzawa (2014) aponta que o gênero policial é um dos mais assistidos entre os adolescentes, sendo que esse sucesso se deve à incorporação de diversas questões atuais relacionadas a temas políticos e sociais. No ensino profissionalizante, destacou-se a questão sobre o que é DNA (7), enquanto o conhecimento sobre técnicas utilizadas na paternidade (14) apresentou a mesma frequência das opções “Não, nunca ouvi falar” e “Já ouvi, mas não sei explicar”.

A média total da percepção das questões na pré-intervenção entre as escolas (Figura 2) revelou que a maior porcentagem de estudantes que marcaram a opção “Não, nunca ouvi falar” foi na EJA; depois, no ensino regular e, com menor frequência, no ensino profissionalizante. A resposta “Já ouvi, mas não sei explicar” teve porcentagem maior no ensino regular; depois na EJA e no ensino profissionalizante. “Sim, um pouco” apresentou percentual maior no profissionalizante; na EJA e depois no ensino regular. “Sim, mais ou menos”, foi maior no ensino profissionalizante; depois no ensino regular e na EJA. “Sim, muito” teve maior porcentagem no ensino profissionalizante; seguido do ensino regular e da EJA. Os resultados foram melhores para o ensino profissionalizante (71,21%) (considerando as opções “Já ouvi” até “Sim, muito”), depois para o ensino regular (66%) e menores para a EJA (59,63%).

Os resultados de percepção da EJA corroboram a visão Gomes e Lima (2019) sobre o perfil dos alunos da EJA, que é muito diverso, incluindo estudantes que precisam conciliar os

estudos com trabalho e afazeres domésticos, chegando ao Ensino Médio por pressão da sociedade e do mercado de trabalho e dedicando-se pouco às atividades extraclasse. Os alunos dessa modalidade de ensino constituem uma parcela da população brasileira desprivilegiada econômica e socialmente, precisando ser preparados para se posicionarem diante de questões tecnológicas e científicas, através da democratização da ciência (FREIRE, 2018).

Figura 2 - Média total da percepção dos estudantes de três escolas públicas estaduais de ensino Regular (A), de ensino profissionalizante (B) e de EJA (C) no município de Canto do Buriti (PI) em relação à Genética Forense e à Biologia Molecular

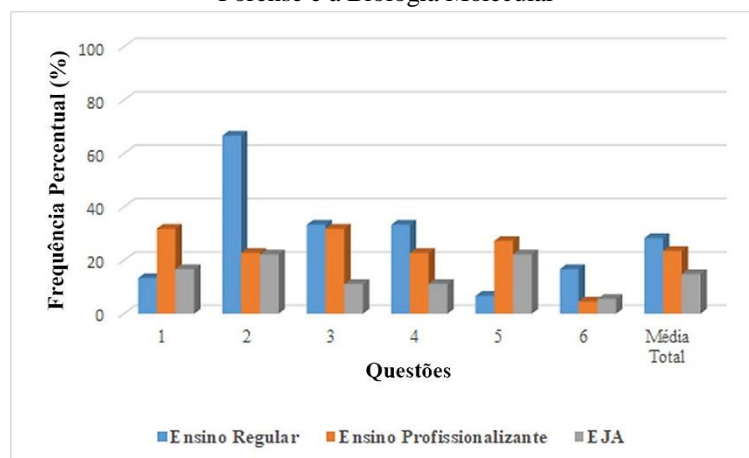


Fonte: Dados da pesquisa (2020).

O conhecimento prévio dos estudantes sobre o conteúdo foi analisado a partir de 6 questões objetivas na pré-intervenção, evidenciando a menor porcentagem média de acertos na maioria das questões (1, 3, 4, 5 e 6) para as três escolas (Figura 3). Esse resultado mostrou que os alunos tiveram dificuldades sobre a estrutura do DNA (1), extração do DNA (3), PCR (4), microssatélites (5) e eletroforese (6). Apenas na questão 2 (paternidade), foi observada a maior porcentagem de acertos no ensino regular (66,67%). De forma geral, o total de acertos foi baixo, com 28,33% no ensino regular; 23,48% no ensino profissionalizante e 14,81% na EJA (Figura 3).

A pré-intervenção mostrou que os alunos apresentam maiores dificuldades, principalmente, nas técnicas específicas da molecular e como podem ser utilizadas na Forense. Santiago e Santos (2015) defendem que seja dada atenção especial e redobrada a esses temas, a fim de que a sociedade compreenda suas aplicações de forma clara. De acordo com Mascarenhas *et al.* (2016), mesmo quando esses assuntos surgem nos livros didáticos, há muita abstração, tonando-se de difícil entendimento para o estudante. Essas dificuldades podem ser superadas com práticas que levam o aluno a visualizar as técnicas de forma mais concreta.

Figura 3 - Média percentual de acertos de questões objetivas realizadas pelos estudantes de três escolas públicas estaduais de ensino regular, ensino profissionalizante e EJA no município de Canto do Buriti (PI) em relação à Forense e à Biologia Molecular



Temas das questões objetivas: 1. Estrutura do DNA. 2. Observação de bandas no teste de Paternidade. 3. Função do sal de cozinha na extração do DNA. 4. Reagentes e aparelho da PCR. 5. Conceitos básicos sobre microssatélites do tipo STR (repetições curtas em tandem). 6. Princípio da eletroforese.

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Após a sondagem inicial, a problematização geral da SEI foi proposta aos estudantes de cada escola. Durante esse momento, os estudantes realizaram interações discursivas com os colegas e a professora, levantando hipóteses sobre a identificação de pessoas pelo DNA. Foi possível notar que os estudantes desconheciam as ferramentas moleculares utilizadas nesse processo, assim como termos científicos sobre a genética Forense e suas aplicações, porém a maioria propôs a hipótese e um modelo explicativo no qual se coletava o sangue dos envolvidos, sendo o teste realizado em laboratório. Houve estudante que citou a série policial “*Crime Scene Investigation*” (CSI), onde “o perito encontrou sangue de uma pessoa com uma substância química e fez o DNA com os parentes da pessoa desaparecida”. As hipóteses levantadas pelos estudantes foram testadas a partir do segundo momento da SEI, com a pesquisa e compartilhamento de vídeos realizados pelos alunos.

De acordo com Carminatti e Clement (2018), a elucidação de uma situação-problema é uma etapa necessária e imprescindível no ensino por investigação, pois é nesse momento que o estudante terá a oportunidade de apresentar suas hipóteses mediante seu conhecimento prévio. Carvalho (2013) salienta que, em uma aula voltada para a perspectiva investigativa, o ambiente é propício à promoção de interações discursivas em função do surgimento de diversas soluções para determinado problema.

Na pesquisa de vídeos, foi possível observar o empenho da maioria dos grupos das três escolas em buscar soluções para a problematização. Durante a discussão no *WhatsApp*, bem



como na exposição dos vídeos, foi possível perceber bastante interesse dos estudantes, com contextualizações e comparações com o conhecimento prévio, além de citarem e questionarem diversas vezes episódios de séries policiais como “*Castle*”, “*Lúcifer*” e “*CSI*”. As séries policiais despertam o interesse, principalmente, do público adolescente (CRUZ *et al.*, 2016). Furuzawa (2014) cita a última série como a mais popular no Brasil, devido a sua exibição nos canais de TV abertos. Sobre a utilização dos vídeos, ressalta-se ainda a importância do auxílio da professora, com olhar pedagógico e sistemático, que orientou os estudantes a escolherem os vídeos, observando se estavam de acordo com os objetivos propostos (VILAS BÔAS; NASCIMENTO JÚNIOR; MOREIRA, 2018).

O momento da pesquisa e compartilhamento de vídeos foi importante para que os estudantes desenvolvessem as atitudes de trabalhar em grupo de forma colaborativa e de estruturar ideias por meio de linguagem oral (Quadro 2) como proposto por Souza Jr. (2014). Dessa forma, passaram a conhecer os termos, o funcionamento das técnicas mencionadas e a observar as séries com olhar mais aprofundado, fazendo conexões dos episódios com as técnicas Forenses.

A aula dialogada durante apresentação dos vídeos pelos estudantes foi útil para a sistematização do conhecimento, estimulando a discussão e aprofundamento do conhecimento científico, como observado quando um aluno se manifestou: “Professora, então não existe nem um crime perfeito, se tiver os equipamentos corretos dá pra descobrir qualquer pessoa.” As interações discursivas possibilitaram aos estudantes participar do processo de construção e entendimento durante a aula, como proposto por Sasseron (2015) e Barcelos *et al.* (2019). Desse modo, a pesquisa e o compartilhamento dos vídeos foram bastante positivos para o conhecimento inicial dos estudantes sobre as técnicas da Biologia Molecular no presente estudo, mostrando a importância do recurso digital na diversidade de expressões, linguagens e suportes (CRUZ *et al.*, 2016).

Quadro 2 - Trechos transcritos da fala de alunos nas discussões na classe e no WhatsApp

Aluno	Ensino	Local	Fala
1	Regular	Classe	O DNA identifica pelos testes, teste de DNA. Tira o sangue e faz o teste
2	Regular	WhatsApp	As ferramentas moleculares do estudo do DNA são PCR e eletroforese.
3	Profissionalizante	Classe	Forense é coisa de fórum, lembra crime.



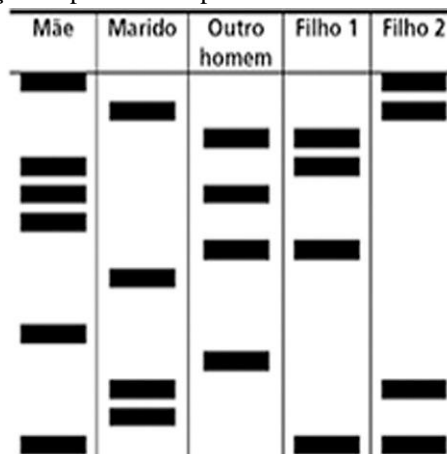
4	Profissionalizante	WhatsApp	Existem técnicas para analisar o DNA, Extração, PCR e Eletroforese.
5	Profissionalizante	WhatsApp	As técnicas Forenses estão cada vez mais aperfeiçoadas e é possível identificar um criminoso até pela saliva que ele deixa em um copo.
6	EJA	Classe	Pelo DNA se descobre quem é o pai de uma criança.

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Ao longo das discussões, surgiu a hipótese sobre a investigação de paternidade pela Forense, o que auxiliou na outra problemática (Como o grau de parentesco entre pessoas pode ser determinado?). Assim, no terceiro momento da SEI, os estudantes de cada escola pesquisaram e analisaram simulações de paternidade/criminalística com géis de eletroforese impressos em folhas de papel. Em seguida, cada grupo incentivou os colegas a verificarem quem era o suposto pai.

A figura 4 apresenta uma das simulações de paternidade realizada por estudantes do ensino profissionalizante com base em pesquisa na internet. O grupo questionou quais filhos dessa mulher são do seu marido. Algumas respostas foram transcritas como: “O filho 2 é do marido”; “Só um é filho do marido”; “Se você comparar esses traços (bandas, complementa a professora), o filho 1 é do outro homem”. Foi possível perceber que os estudantes, utilizando a estratégia da comparação das bandas (mesmo ainda não compreendendo o termo correto), propuseram explicações adequadas e conseguiram resolver a problemática, encontrando os indivíduos procurados. Dessa forma, estabeleceram relações causais para criar um modelo explicativo a fim de identificar o padrão de bandas relacionado com a paternidade/criminalística, enriquecendo a sua capacidade argumentativa, como proposto por Sasseron (2015). Segundo Cruz *et al.* (2016), atividades lúdicas proporcionam uma proximidade do estudante com o conteúdo e aumento do seu interesse, além de permitir a interação entre os indivíduos.

Figura 4 - Simulação de paternidade por estudantes do ensino profissionalizante



Fonte: Brasil (2014).

As interações discursivas entre os estudantes de cada escola estimularam a proposta da hipótese de que os testes de DNA com materiais biológicos encontrados em cenas de crime são utilizados na identificação de criminosos. Assim, os alunos mostraram-se bastante motivados em montar uma peça teatral (cena de crime), que costuma ser muito atrativa entre os adolescentes (OLIVEIRA *et al.*, 2019). “Na próxima aula a gente vai matar o fulano”; “vamos fingir que é um baile funk”, disseram alguns. O desenvolvimento das atitudes de trabalhar em grupo de forma colaborativa e o diálogo entre os colegas foram bastante satisfatórios, visto que os estudantes buscaram o envolvimento de todos no preparo da cena do crime. Por meio da produção artística, a pedagogia contempla articulações entre o ensino e a aprendizagem, integrando conteúdos disciplinares com questões da sociedade (OLIVEIRA *et al.*, 2019).

Durante a aula, cada grupo, com função pré-definida, conduziu o processo de investigação da cena do crime, fazendo a coleta do material e evidenciando as provas, entre outros pontos importantes para a resolução do crime. Enquanto isso, a professora dialogava com os alunos sobre o objetivo de cada momento realizado, de forma a estimular a discussão entre eles, na tentativa de ampliar as explicações e o envolvimento dos estudantes. As respostas foram bastante convincentes e dotadas de propriedade, evidenciando uma melhora expressiva na capacidade cognitiva e argumentativa: “Professora não é só o sangue que pode ser analisado, também serve fio de cabelo, unha” disse um aluno; “saliva e suor”, complementou outro. Segundo Barcelos *et al.* (2019), a capacidade do estudante de elaborar hipóteses e comunicar os resultados é uma aquisição cultural imaterial, fruto das interações entre professor, aluno, materiais ou informações.

Nesse momento, os estudantes conseguiram solucionar o problema e entender que, mesmo em crimes chamados “perfeitos”, é possível encontrar material biológico e desvendar o

crime. As atividades lúdicas no ensino estimulam o desenvolvimento pessoal e cognitivo do aluno e ainda promovem reflexão e construção do raciocínio lógico (CRUZ *et al.*, 2016).

As discussões durante e após a montagem da cena do crime levaram os estudantes a retomarem o conhecimento adquirido com os vídeos e a conjecturarem que realizariam uma prática de extração de DNA na resolução da questão problema (como extrair o DNA?) (Figura 5). Nesse momento, foi possível notar nos alunos a potencialização e o desenvolvimento de habilidades a partir do conhecimento científico adquirido, elaborando argumentos com base nas evidências apresentadas e construindo uma explicação científica. Os estudantes levantaram hipóteses de usar detergente, banana e álcool, mas de forma ainda fragmentada e sem uma conexão clara. “O DNA vai ser extraído”; “Usa aqueles equipamentos que a gente viu no vídeo”; “O material coletado vai para o laboratório e extraído através dos reagentes”, manifestaram-se alguns estudantes ao serem questionados sobre o material encontrado na cena do crime, reforçando que até as práticas laboratoriais devem ser embasadas em ações que os levem a questionar, argumentar e organizar suas ideias (CARVALHO, 2018).

Figura 5 - Extração do DNA realizada pelos estudantes de três escolas estaduais de ensino regular, ensino profissionalizante e EJA no município de Canto do Buriti (PI)



Fonte: Dados da pesquisa (2020).

A escola de ensino regular foi a única em que a prática foi realizada em laboratório próprio, enquanto, nas demais, houve uma adequação, utilizando-se a própria sala de aula, porém não se observou diferença nos resultados, corroborando o pensamento de Barcelos e Coelho (2019), que defendem o uso de práticas experimentais, mesmo sem laboratório ou materiais específicos.

Em cada momento, a professora foi questionando sobre a utilização dos reagentes, sendo que os estudantes das três escolas responderam satisfatoriamente, criando um modelo explicativo para cada momento. Essa situação foi observada em relatos dos alunos, como estes:



“O sal equilibra as cargas elétricas”, “O sal ajuda a unir o DNA”. Outras respostas e falas dos estudantes na sala de aula também foram observadas quanto ao uso do detergente na extração do DNA (Quadro 3). De acordo com Nascimento (2013), a experimentação é uma estratégia eficiente no processo pedagógico, permitindo aos estudantes a criação de problemas, reais ou fictícios, gerando interesse e questionamento investigativo.

Quadro 3 - Respostas sobre a utilização do detergente na extração do DNA

Professora:	Qual a função do detergente na extração do DNA?
Aluno	Desestruturar a molécula do lipídio da solução biológica.
Aluno	Tem propriedades capazes de desestruturar a molécula de lipídio da membrana plasmática e soltar o material genético na solução biológica.
Aluno	Quebrar membranas da célula e soltar o DNA na solução.
Aluno	Funciona igual a detergente de cozinha, derrete gordura.

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Ao se questionar a turma sobre como podemos aumentar a quantidade do DNA extraído, um estudante responde: “Tem que amplificar pela PCR”. Já outro diz: “PCR auxilia no processo de multiplicação”. Essas falas já evidenciam a capacidade de levantar hipóteses baseadas em conhecimentos prévios. Em seguida, houve a sistematização de conceitos sobre amplificação do DNA pela PCR. Os estudantes, junto com a professora, confeccionaram um termociclador artesanal (Figura 6). Durante a prática, todos demonstraram compreender a função da PCR e sua importância na análise Forense, bem como a necessidade dos equipamentos e reagentes. Além disso, desenvolveram a competência cognitiva, à medida que conseguiram relacionar a técnica de PCR com o processo de replicação.

No último momento, a professora questionou sobre a análise do material extraído e amplificado, iniciando uma discussão com os grupos, que levantaram hipóteses e fizeram sugestões. Um estudante retomou os vídeos assistidos e argumentou que “vai ser impresso na cuba de eletroforese”. Após uma retomada dialogada, os estudantes conseguiram propor um modelo explicativo de todo o processo ocorrido até essa “impressão”, o que mostra o desenvolvimento de habilidades a partir das práticas empregadas e da resposta adequada para as perguntas de cada momento, evidenciando uma realidade diferente daquela encontrada na pré-intervenção, quando desconheciam o que era eletroforese.

Figura 6 - Confeção de um termociclador artesanal pelos estudantes de três escolas estaduais de ensino regular, ensino profissionalizante e EJA no município de Canto do Buriti (PI)



Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Para testar a hipótese, os alunos construíram, junto com a professora, uma cuba artesanal de eletroforese (Figura 7). Durante a confecção, eles foram questionados sobre a importância de cada momento, principalmente com relação à carga e à migração do DNA amplificado pela PCR no gel de eletroforese. Nesse momento, os alunos demonstraram compreender como ocorre a migração das bandas de DNA na cuba de eletroforese a partir da compreensão dos aspectos físico-químicos da molécula e dos componentes da eletroforese.

Figura 7 - Confeção de uma cuba artesanal de eletroforese pelos estudantes de três escolas estaduais de ensino regular, ensino profissionalizante e EJA no município de Canto do Buriti (PI)



Fonte: Dados da pesquisa (2020).

A utilização de modelos didáticos no ensino de genética facilita a compreensão de conceitos complexos, como a PCR e eletroforese, além de promover uma interação social mais rica, motivadora e eficaz entre os estudantes (MACHADO, 2019). Além disso, os modelos didáticos são importantes e auxiliam o professor quando não é possível realizar determinada



prática de forma equivalente, por inviabilidade financeira e/ou material. Durante as práticas lúdicas, foi possível notar o mesmo empenho dos estudantes em relação às práticas anteriores, corroborando a visão de Ramos, Áires e Góes (2018), que defendem a utilização de modelos didáticos em sala de aula.

Sendo assim, a avaliação qualitativa da SEI demonstrou que, nas interações discursivas, os estudantes desenvolveram competências atitudinais (posicionamento crítico e investigativo perante a situação-problema; trabalho em grupo de forma colaborativa, respeitando as diferenças) e procedimentais (linguagem escrita e oral; elaboração e teste de hipóteses), como proposto por Souza Jr. (2014). Além disso, durante a sistematização de conteúdos, as competências conceituais também foram observadas nos estudantes (SOUZA JR., 2014; BARCELLOS *et al.*, 2019).

No presente estudo, todo o “caminho” percorrido, desde a criação da imagem de um suposto pai ou criminoso, a coleta de material biológico, até a extração do DNA e a análise desse material, foi bastante positivo para os estudantes das três escolas, pois a SEI contribuiu para que conseguissem relacionar as técnicas da Biologia Molecular aplicadas à Forense, com questões do seu interesse e do seu cotidiano, aproximando-se da ciência.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao analisar a percepção e o conhecimento prévio dos estudantes com um questionário diagnóstico, foi observado que eles apresentavam dificuldades e/ou total desconhecimento em relação a técnicas moleculares aplicadas à Forense, principalmente quanto aos microssatélites, PCR e eletroforese, porém demonstraram bastante interesse pela proposta da SEI.

A pesquisa, o compartilhamento e a contextualização de vídeos do YouTube sobre as técnicas moleculares foram bastante úteis para que os estudantes passassem a buscar o conhecimento sobre determinado assunto, em vez de recebê-lo pronto, bem como foi eficaz para a visualização mais concreta dos fenômenos e técnicas estudados, diminuindo o nível de abstração.

Ao investigar as problematizações referentes à paternidade, cena de crime, manipulação experimental e lúdica do material genético, os estudantes tiveram a oportunidade de levantar hipóteses e testá-las, argumentar frente aos colegas e trabalhar em grupo de forma colaborativa, desenvolvendo competências e habilidades para a compreensão da Genética Forense. Além disso, o uso da SEI modificou a sua postura, tornando-os protagonistas na construção dos



conhecimentos a partir da análise, reflexão e discussão das suas percepções sobre o conteúdo, o que aumentou o seu conhecimento e competências.

A análise das falas nas interações discursivas (presenciais e no *WhatsApp*) mostrou que os alunos melhoraram a percepção e a compreensão, principalmente as relacionadas com a extração do DNA, situação de paternidade/criminalística e cena do crime, conseguindo apresentar argumentos satisfatórios para os questionamentos.

Assim, destaca-se a importância do uso de metodologias ativas incorporadas à sequência de ensino investigativa, similares às que foram propostas neste estudo, nas escolas de ensino básico, principalmente naquelas em que há pouca infraestrutura, como as três escolas do presente estudo, para que os estudantes possam atribuir maior significado aos conteúdos que estão sendo ensinados, superando o ensino meramente informativo, descontextualizado e fragmentado.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Maria Inês Oliveira; BIZZO, Nélío. Processo investigativo sobre práticas pedagógicas para inserção da dimensão ambiental na formação de professores de Biologia. **Revista tempos e espaços em Educação**, v. 8, n. 16, p. 125-38, 2015.

BARCELLOS, Leandro da Silva; COELHO, Geide Rosa. Uma análise das interações discursivas em uma aula investigativa de ciências nos anos iniciais do ensino fundamental sobre medidas protetivas contra a exposição ao sol. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 24, n. 1, p. 177-99, 2019.

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

BRASIL. **Base nacional comum curricular**. Brasília, DF, 2016. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/#/site/inicio>. Acesso em: 25 mar. 2020.

Brasil. ENEM: **Provas e gabaritos**. Brasília, DF, 2014. Disponível em: <http://portal.inep.gov.br/provas-e-gabaritos>. Acesso em: 04 mar. 2020.

BOODAN, Robert; BIKLEN, Sari. **Qualitative research for education**. Boston: Allyn and Bacon, Inc., 1982.

CARMINATTI, Nayra Luiza; CLEMENT, Luiz. Evidências de validade de uma escala para medir engajamento e interesse de estudantes em aulas de física. **Revista electrónica de investigación en educación en ciencias**, v. 13, n. 1, p. 01-09, 2018.

CARVALHO, Ana Maria Pessoa de. **Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Editora Cengage Learning, 2013.



CARVALHO, Ana Maria Pessoa de. Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 3, p. 765-94, 2018.

CAVALCANTE, Felipe Sant'Anna. *et al.* DNA vegetal na sala de aula. **Revista de Ensino de Ciências e Humanidades-Cidadania, Diversidade e Bem Estar**, v. 2, n. 1, p. 176-191, 2018.

CRUZ, Antônio *et al.* Ciência Forense no ensino de Química por meio da experimentação investigativa e lúdica. **Química Nova na Escola**, v. 38, n. 2, p. 167-72, 2016.

FLICK, U. **Introdução à pesquisa qualitativa**. Porto Alegre: Artmed, 2009

FURUZAWA, Camila Prado. **Comunicação e indústria audiovisual**: crime, compensação simbólica e outras questões sobre as séries policiais televisivas. 2014. Dissertação (Mestrado em Comunicação Social) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Faculdade de Comunicação Social, Porto Alegre, 2014.

GOMES, Jerlyane Alencar; LIMA, Roberta Valforia Guedes. O perfil dos estudantes da EJA do 3º segmento e os fatores de permanência na escola. **Revista Outras Palavras**, v. 16, n. 1, p. 66, 2019.

KRASILCHICK, Myriam. **O professor e o currículo das ciências**. São Paulo: EPU, 2005. (Coleção Temas básicos de Educação e Ensino).

LÜDKE, Menga; ANDRÉ, Marli. **Pesquisa em educação**: abordagens qualitativas. 3. ed. São Paulo: EPU, 1996.

MACHADO, Cátia. Atividades laboratoriais com materiais de baixo custo: um estudo com professores timorenses. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 18, n. 1, p. 198-223, 2019.

MASCARENHAS, Maria de Jesus Oliveira *et al.* Estratégias metodológicas para o ensino de genética em escola pública. **Pesquisa em foco**, v. 21, n. 2, p. 5-24, 2016.

NASCIMENTO, Juliana Macedo; MEIRELLES, Rosane Moreira. Conectando saberes e 'superpoderes' para mediar tópicos em genética e saúde no ensino médio. **Revista Práxis**, v. 7, n. 14, p. 47-56, 2015.

OLIVEIRA, Felipe Sales *et al.* Um jogo de construção para o aprendizado colaborativo de Glicólise e Gliconeogênese. **Revista de Ensino de Bioquímica**, v. 13, n. 1, p. 45-57, 2015.

OLIVEIRA, Pablo Wolf *et al.* Uma proposta de contextualização teatral científica sobre qualidade do ar no ensino de química. **Scientia Naturalis**, v. 1, n. 4, p. 118-34, 2019.

OLIVEIRA, Ernna Hérica Domingues de; PEREIRA, Tiago Campos. Reação em Cadeia Polimerase (PCR). **Genética na escola**, v. 14, n. 2, p. 88-97, 2019.

PINHATI, Fernanda Romanholi. Eletroforese de DNA: dos Laboratórios de Biologia Molecular para as Salas de Aula. **Quím. nova escola**. São Paulo, v. 37, n. 4, p. 316-19, 2015.



RAMOS, Vagner Damião da Silva; AIRES, Rafaela Magalhães; GÓES, Andréa Carla de Sousa. O princípio elementar de Mendel aplicado a um teste de paternidade: uma simulação a partir do triângulo amoroso de Dom Casmurro. **Genética na escola**, v. 13, n. 1, p. 72-103. 2018.

SANTIAGO, Marcos de Araújo Carneiro; SANTOS, Marcelo. Difusão da Ciência: oficinas em Biologia Molecular para professores e alunos do ensino médio no município de Passos (MG) e seu entorno. **Ciência et Praxis**, v. 8, n. 16, p. 7-12, 2015.

SASSERON, Lúcia Helena. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. **Revista Ensaio**, v. 17, n. 1, p. 49-67, 2015.

SOUZA JR., Domingos Rodrigues. **Ensino de Eletrodinâmica em uma perspectiva investigativa**: analisando os desdobramentos sobre a aprendizagem de estudantes. 2014. Tese (Doutorado em Ensino de Física) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2014.

SOUZA, Éder Júnior *et al.* A perícia criminal vai à escola: uma proposta de utilização de elementos de física forense no ensino de ciências. *In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS*, 10., 2015. **Anais[...]**, 2015

VILAS BÔAS, Rogério Custódio; NASCIMENTO JUNIOR, Antônio Fernandes; SOUZA Fátima Maria Moreira. Utilização de recursos audiovisuais como estratégia de ensino de Microbiologia do Solo nos ensinos Fundamental II e Médio. **Revista Práxis**, v. 10, n. 19, p. 79-90, 2018.

XAVIER, César; CAVALCANTI, Danielle. Development of a didactic electrophoresis kit for the practical teaching of Molecular Biology in basic and higher education. **Revista de Ensino de Bioquímica**, v. 15, p. 49-62, 2017.

YAMAZAKI, Regiane Magalhães de Oliveira *et al.* História da biologia e sua articulação com uma atividade experimental: extração da molécula de DNA. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 35, n. extra, p. 3815-20, 2017.