

## **Biologia Molecular e Forense no Ensino Médio**

### **Molecular and Forensic Biology in High School**

### **Biología molecular y forense en la escuela secundaria**

Recebido: 28/06/2021 | Revisado: 04/07/2021 | Aceito: 06/07/2021 | Publicado: 16/07/2021

#### **Thâmara Chaves Cardoso**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2164-6746>  
Universidade Estadual do Piauí, Brasil  
E-mail: [thamarachavescardoso@gmail.com](mailto:thamarachavescardoso@gmail.com)

#### **Michelle Mara de Oliveira Lima**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6522-8477>  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Brasil  
E-mail: [michellelima@ifpi.edu.br](mailto:michellelima@ifpi.edu.br)

#### **Josiane Silva Araújo**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2629-8306>  
Universidade Estadual do Piauí, Brasil  
E-mail: [josianesilva@cpm.uespi.br](mailto:josianesilva@cpm.uespi.br)

#### **Wellington Santos Alves**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1114-773X>  
Universidade Estadual do Piauí, Brasil  
E-mail: [wellingtonalves@gmail.com](mailto:wellingtonalves@gmail.com)

#### **Francielle Aline Martins**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0113-8023>  
Universidade Estadual do Piauí, Brasil  
E-mail: [franufv@yahoo.com.br](mailto:franufv@yahoo.com.br)

#### **Pedro Marcos de Almeida**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5431-6818>  
Universidade Estadual do Piauí, Brasil  
[pedromarcosalmeida@yahoo.com.br](mailto:pedromarcosalmeida@yahoo.com.br)

### **Resumo**

As dificuldades em biologia molecular desafiam os professores a buscarem novas metodologias de ensino. Sendo assim o presente estudo pretendeu desenvolver uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI) com práticas de biologia molecular como ferramenta problematizadora para o ensino da genética forense. O estudo foi realizado em três escolas estaduais de Canto do Buriti (PI), sendo quali-quantitativa e interventiva e consistiu na pré-intervenção com questionário diagnóstico; criar situações-problematizadoras; pesquisar e compartilhar vídeos; investigar simulações de paternidade e criminalística; realizar extração de DNA e simulações lúdicas (utilizando-se reação de Polimerase em Cadeia e eletroforese). Na pré-intervenção, os estudantes mostraram dificuldades na percepção e conhecimento das técnicas moleculares. Enquanto, os vídeos e as simulações realizadas (lúdicas e laboratorial) durante a SEI promoveram interações discursivas, posicionamento crítico e investigativo dos estudantes. Portanto, a SEI facilitou a compreensão e o interesse dos estudantes na genética molecular, minimizando o distanciamento entre a teoria e prática.

**Palavras-chave:** Ensino por investigação; Modelos lúdicos; Prática laboratorial.

### **Abstract**

Teaching contextualized with socio-scientific issues focused on the reality of students and combined with pedagogical practices that encourage reasoning, critical thinking and interaction, proves to be very productive in improving the learning of Biology and the formation of critical citizens. Aim to develop and apply an Investigative Teaching Sequence (SEI) with molecular biology practices as a problem-solving tool for teaching Genetics. The target audience was 70 students from the 3rd year of high school in the city of Canto do Buriti (PI). The qualitative-quantitative and interventional research consisted of the application of a SEI in six moments that aimed to encourage the student to research and share videos; investigate paternity simulations; set up a crime scene; perform DNA extraction and playful Molecular Genetics simulations, thus becoming the protagonist of the investigative process. Students asked open-ended questions associated with SEI moments. 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, SEI facilitated the understanding of forensic genetics, minimizing the gap between theory and practice, as well as arousing greater interest among students in the study of Molecular Genetics.

**Keywords:** Research teaching; Playful models; Laboratory practice.

## Resumen

La enseñanza contextualizada con cuestiones sociocientíficas enfocadas en la realidad de los estudiantes y combinada con prácticas pedagógicas que fomentan el razonamiento, el pensamiento crítico y la interacción resulta muy productiva en la mejora del aprendizaje de la Biología y la formación de ciudadanos críticos. Este estudio tuvo como objetivo desarrollar y aplicar una Secuencia de Enseñanza Investigativa (SEI) con prácticas de biología molecular como herramienta problematizadora para la enseñanza de la Genética. El público objetivo fueron 70 estudiantes de 3° de bachillerato de la ciudad de Canto do Buriti (PI). La investigación cualitativo-cuantitativa e intervencionista consistió en la aplicación de un SEI en seis momentos que tuvo como objetivo incentivar al alumno a investigar y compartir videos; investigar simulaciones de paternidad; montar una escena del crimen; realizar extracciones de ADN y divertidas simulaciones de Genética Molecular, convirtiéndose así en el protagonista del proceso investigativo. Los estudiantes hicieron preguntas abiertas asociadas con momentos SEI. 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 de la asignatura. Por tanto, SEI facilitó la comprensión de la genética forense, minimizando la brecha entre la teoría y la práctica, además de despertar un mayor interés entre los estudiantes por el estudio de la Genética Molecular.

**Palabras clave:** Enseñanza por investigación; Modelos juguetones; Práctica de laboratorio.

## 1. Introdução

O processo de ensino-aprendizagem é objeto de desafio para os educadores de todos os níveis escolares. Nas últimas décadas, esse processo, bem como o contexto social dos educandos, tem sofrido mudanças, inserindo-se em uma realidade cada vez mais tecnológica e informatizada, levando-os a repensar as práticas pedagógicas adotadas em sala de aula. Entretanto, mesmo diante dessas atualizações, o ensino predominante nas salas de aula ainda permanece descontextualizado, conceitual e alicerçado em técnicas de memorização (Lima; Araújo; Lima, 2021).

Dentre as áreas de estudo da Biologia, a Genética é umas das disciplinas que apresenta maior grau de dificuldade pelos estudantes, requerendo uma atenção especial por parte dos docentes sobre a metodologia a ser utilizada (Oliveira *et al.*, 2015), especialmente a Genética Molecular, que aborda termos e conceitos complexos e abstratos (Mascarenhas *et al.*, 2016).

Para auxiliar os professores e estudantes, o ensino contextualizado com questões sociocientíficas voltadas à sua realidade, aliado a práticas pedagógicas que estimulem o raciocínio, o pensamento crítico e a interação dos estudantes, mostra-se bastante produtivo na melhoria da aprendizagem de Biologia e a formação de cidadãos críticos. Tendo em mente a importância da concepção investigativa no Ensino de Biologia com o propósito de promoção da aprendizagem significativa, verifica-se a necessidade de utilizar práticas de ensino que estimulem a participação e o envolvimento dos estudantes na construção do conhecimento (Carvalho, 2018).

Desenvolver práticas pedagógicas diferenciadas tem se mostrado muito relevante no processo de aprendizagem, especialmente se a prática for bem planejada, e os resultados forem verificados, a fim de observar se os objetivos propostos foram alcançados. Uma boa forma de realizar essa verificação é por meio da avaliação qualitativa da participação do estudante em interações discursivas, observando o desenvolvimento de conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais, bem como da aplicação de questionários condizentes com os objetivos elencados (Souza Jr., 2014).

Sendo assim, o objetivo desse estudo foi desenvolver e aplicar uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI) sobre a biologia forense com práticas moleculares no ensino de genética, como elemento de desenvolvimento de competências para a resolução de problematizações integradas com o cotidiano dos alunos, bem como avaliar o grau de participação e entendimento dos estudantes ao longo do processo.

A SEI apresentada é uma eficiente forma de despertar o interesse dos estudantes quanto às ferramentas aplicadas na forense, bem como melhor a argumentação, fixação, aplicação e embasamento para discussões entre os alunos e o professor.

### 1.1 Referencial teórico

A genética molecular destaca-se no Ensino de Biologia, por favorecer conceitos sobre a estrutura e mecanismos da

molécula de Ácido Desoxirribonucleico (DNA), que se contextualizam com situações do cotidiano do educando, incentivando a perspectiva crítica da disciplina, premissa da educação contemporânea brasileira (BRASIL, 2017). A utilização de temas como a Genética Molecular é uma estratégia baseada no modelo construtivista, cujo processo educacional aproxima o cotidiano do aluno à Ciência (Araújo; Bizzo, 2015).

Analisando as orientações dos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) julga-se que é possível ao estudante fazer associações com as tecnologias ligadas à manipulação do DNA, identificar aspectos éticos, morais, políticos e econômicos envolvidos na produção científica e tecnológica, podendo posicionar-se criticamente frente a essas questões (Brasil, 2017).

A abordagem da Biologia Molecular, através da Genética Forense, área que estuda amostras e vestígios biológicos para questões judiciais, engloba o estudo de temas relativos à estrutura e replicação do DNA, bem como a transcrição, a tradução e a regulação destes processos. Essa área da Ciência aborda ainda técnicas como a extração do DNA, amplificação de sequências de microssatélites (DNA repetitivo) pela Reação em Polimerase de Cadeia (PCR) e eletroforese, que realiza a comparação de moléculas de DNA, buscando similaridade e parentesco. Essas técnicas podem ser adaptadas ao ensino, uma vez que a Forense demonstra forte ligação à perícia criminal e são amplamente divulgadas em diferentes seriados de TV, como CSI (Cruz *et al*, 2016).

Para tal, o estudante deve ter pleno conhecimento do material genético, sua estrutura e composição, inclusive com o conhecimento de outras disciplinas, como a Química, por exemplo. Dessa forma, o Ensino de Biologia converge para o desenvolvimento de competências que auxiliem o estudante a “lidar com informações, compreendê-las, elaborá-las e refutá-las”, podendo agir com autonomia utilizando os conhecimentos obtidos da Biologia e da tecnologia (BRASIL, 2017 p. 19).

O conhecimento se torna significativo, a partir do momento em que a disciplina possui uma aplicação social (Cruz *et al*, 2016). No entanto, ressalta-se que a abordagem de temas que precisam de maior abstração, como aqueles estudados em nível microscópico e molecular, geralmente apresentam maior grau de dificuldade pelos alunos do que em outros tópicos. Dificuldades essas relacionadas com a complexidade dos termos, conceitos e processos.

Essa abstração pode ser minimizada com a utilização de recursos diferenciados como o uso de maquetes; multimídias (exibição de vídeos); práticas laboratoriais; simulação de métodos de experimentação científica e peças teatrais (Oliveira *et al*, 2019). Mesmo diante das dificuldades de recursos, se a prática for bem planejada, com objetivos definidos, vai proporcionar reflexões e auxiliar os alunos na construção do conhecimento, tornando o aprendizado mais eficiente. Dessa forma, o saber gerado pela ciência deve se converter para a linguagem escolar (Oliveira *et al*, 2015).

Cruz *et al* (2016) mostram que a utilização de atividades lúdicas na genética forense oportuniza uma prática pedagógica dinâmica e inovadora, na qual o aprendizado ocorre de forma livre e espontânea. A autora defende que as produções teatrais associadas ao Ensino de Ciências proporcionam experiências que contribuem para o desenvolvimento de diversas competências no educando, como o desenvolvimento pessoal e cognitivo.

Além dessas práticas pedagógicas, é necessário o contato dos alunos com situações didáticas que os levem a expor suas concepções e construir explicações a partir dos dados obtidos experimentalmente (Costa; Martins, 2016; Lima *et al*, 2020; Medeiros & Goi, 2020). Nesse contexto, o ensino pode possuir um caráter investigativo, em que o professor apresenta a questão a ser solucionada, instigue e oriente seus alunos no levantamento de hipóteses e na busca de explicações próprias, bem como na busca por resultados, através de práticas que façam associações com conceitos científicos, para que o aluno construa seu próprio conhecimento, sendo percebido como indivíduo investigativo, autônomo, crítico e reflexivo sobre suas respectivas ações (Carvalho, 2018; Lima; Pereira; Lima, 2021).

As sequências didáticas desenvolvidas a partir da vertente investigativa auxiliam o educando a produzir seu próprio conhecimento. Nesse método, o aluno aprende pela observação, planejamento, reflexão, interpretação e construção de

explicações próprias para determinada teoria. Para os autores, essa perspectiva é centrada no aluno, no desenvolvimento da sua autonomia, bem como na sua capacidade de tomar decisões e resolver problemas (Araújo; Bizzo, 2015; Carvalho, 2018).

A partir desse olhar do ensino por investigação para a problematização e para a curiosidade do aluno, retira-se o foco das práticas experimentais e abre-se um leque muito maior de opções e habilidades e competências que podem ser estimuladas. Assim, a abordagem investigativa possibilita ao estudante solucionar problemas e estabelecer relações causais para explicar o fenômeno estudado (Sasseron, 2015). Carvalho (2018) destaca que para o ensino investigativo ser eficiente, é importante que essa problematização seja clara e esteja inserida na cultura social dos estudantes. Dessa forma, eles poderão aplicar seu conhecimento prévio na busca por uma resolução, estabelecendo associações entre as informações que detêm e a construção de uma explicação.

## **2. Metodologia**

### **Categorização da pesquisa**

O presente estudo foi aprovado pelo comitê de ética da Universidade Estadual do Piauí sob o protocolo 3.192.797 com abordagem qualitativa e quantitativa de acordo com o proposto por Ludke e André (2013). Quanto ao método de obtenção dos dados a pesquisa se caracteriza como pesquisa participante de acordo com Brandão (1981).

### **Amostra**

O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Estadual do Piauí (UESPI) sob o protocolo 3.196.797. Participaram da pesquisa, 70 alunos do 3º ano do Ensino Médio. Todos da rede pública estadual no município de Canto do Buriti (PI), de três modalidades de Ensino. A primeira de Ensino Regular com 30 alunos de 16 a 18 anos; a segunda de Ensino Técnico - Profissionalizante em Administração, com 22 alunos de 16 a 19 anos; e a terceira de Educação de Jovens e Adultos – EJA, com 18 alunos de 19 a 57 anos.

### **Procedimentos**

A SEI ocorreu em seis momentos para cada turma, todos orientados por uma problematização geral a ser resolvida pelos estudantes com o conhecimento construído durante as práticas realizadas. Em cada etapa, problematizações específicas estimularam os estudantes a levantar e testar hipóteses, além de propor explicações e reflexões desenvolvendo seu pensamento crítico e capacidade argumentativa.

No primeiro momento, os estudantes divididos previamente em seis grupos e orientados pela problematização geral (Como é possível determinar o grau de parentesco entre pessoas?) apresentaram para os colegas vídeos pesquisados no YouTube sobre: estrutura, replicação e extração do DNA; microssatélites; Reação de Polimerase em Cadeia (PCR); eletroforese e Genética Forense. A criação de um grupo no “WhatsApp” otimizou o tempo, sanando dúvidas dos estudantes e estimulando as interações discursivas fora do ambiente escolar. Esse momento de duas horas aula foi importante para sistematizar o conteúdo a ser abordado durante as aulas.

No segundo momento, ocorrido em duas horas aula, os estudantes, orientados pela problematização geral, pesquisaram e discutiram seis diferentes simulações de paternidade que foram resolvidas com a observação de géis de eletroforese impressos.

No terceiro momento, surgiu a seguinte situação: “Se é possível determinar parentesco, também se consegue identificar criminosos pelo DNA?” Diante desse problema a ser solucionado, os estudantes, divididos nos seis grupos, discutiram e decidiram realizar uma peça teatral com a montagem e encenação de uma cena de crime. Uma semana depois, na concretização da proposta (duas horas aula), os estudantes construíram a cena utilizando materiais acessíveis e de baixo custo,

como fita, cola, molho de tomate, caneta hidrocor, etc.

O quarto momento realizado foi a prática laboratorial de extração do DNA da banana (duas horas aula). A orientação para essa etapa surgiu a partir da questão problema: “Depois que o material do suspeito é coletado, como o DNA pode ser obtido?” Nessa etapa, os estudantes sob a supervisão da professora realizaram a extração do DNA, segundo Yamazaki et al (2017). A turma foi dividida em seis grupos e cada um recebeu o material necessário (banana, água de torneira, sal de cozinha, detergente, álcool etílico, copos de vidro, peneira, colher, coador e gelo).

No quinto momento (duas horas aula), surgiu a seguinte problematização: “Esse DNA que foi extraído é suficiente para análise?” Para auxiliar os estudantes a solucionar essa situação, os seis grupos construíram junto com a professora uma réplica de um termociclador, aparelho utilizado na ampliação de fragmentos de DNA (Ramos Aires; Góes, 2018), com caixa de papelão, cartolina e tampas de garrafa e 12 microtubos. A prática aliada às interações discursivas via “WhatsApp” durante a semana permitiram aos estudantes que levantassem hipóteses sobre a problematização.

Para concluir a SEI, no sexto momento (duas horas aula), a problematização final: “Como o DNA que já passou por tantos processos pode ser analisado?” Foi discutida a partir de uma prática lúdica, onde os estudantes montaram junto com a professora uma cuba de eletroforese com gelatina, fios de cobre, fonte de energia, e outros materiais (Pinhati, 2015) para verificar como seria o padrão de deslocamento das bandas do DNA.

### **Análise dos resultados**

Os resultados foram analisados de forma qualitativa, através da observação das interações discursivas entre os estudantes de forma presencial e no grupo do “WhatsApp”, observando o desenvolvimento de competências conceituais, atitudinais e procedimentais (Souza Jr., 2014).

Ao final de cada momento da SEI, os estudantes individualmente responderam questões abertas sobre os vídeos (12 questões); situação de paternidade e criminalística (5 questões); cena do crime (2 questões); extração do DNA (5 questões); PCR (5 questões) e eletroforese (5 questões) para verificar a percepção e o conhecimento referentes aos temas abordados em sala de aula. Em cada questão, o aluno (a) tinha as opções: Não sei; Lembro vagamente/prefiro não opinar e Lembro bem – se você marcar essa alternativa, uma nota de 0 a 2, respectivamente.

As respostas das questões abertas dos alunos que marcaram a opção “Lembro bem” foram analisadas a partir de categorias de classes, segundo Griffin e Griffin (2003), com adaptações. As respostas foram agrupadas nas seguintes classes: Classe 0 - sem resposta (resposta do tipo não sei, erradas ou em branco); Classe 1 - resposta sem informação (respostas que não indicam compreensão do aluno sobre o tema); Classe 2 - resposta com estabelecimento de conexões dos conceitos não satisfatórias (respostas que manifestam certa compreensão dos conceitos, mas sem fundamentação teórica); Classe 3 - resposta satisfatória/racionalidade e estabelecimento de conexões dos conceitos (respostas que demonstram compreensão dos elementos científicos mais importantes) e Classe 4 - resposta excelente/racionalidade e estabelecimento de conexões dos conceitos e aplicações (percebe-se a compreensão total sobre a resposta, podendo apresentar refinamento nas respostas e discussões além do que foi questionado).

### **3. Resultados e Discussão**

O momento inicial de compartilhamento de vídeos foi positivo, pois auxiliou os estudantes no processo de sistematização do conhecimento necessário para solucionar as problematizações ao longo da SEI, além de estimular o desenvolvimento de competências como trabalhar em grupo de forma colaborativa e organizar ideias por meio de linguagem oral (Souza Jr., 2014). As conversas no grupo do *WhatsApp* demonstraram que os estudantes não possuíam muito critério na seleção dos vídeos e, nesse momento, o auxílio da professora foi importante na escolha de materiais mais didáticos e

condizentes com os objetivos propostos.

A aula dialogada no final da apresentação dos vídeos pelos estudantes foi útil para a sistematização do conhecimento e introdução de conceitos científicos. Nesse momento, os estudantes foram desafiados a participar, fazendo uma correlação do conhecimento prévio sobre as séries policiais com os conceitos apresentados durante a aula. Apesar da timidez inicial, alguns estudantes já citaram situações de filmes, os adolescentes sentem-se bastante estimulados por questões contextualizadas, o invés de conhecimentos isolados. Aliar essa realidade ao processo educacional gera impactos positivos no aprendizado dos estudantes, à medida que contribui para a construção de situações que possibilitam o desenvolvimento cognitivo dos discentes, despertando o interesse pela genética forense.

Na Figura 1, foi avaliada a percepção das respostas dos estudantes após a discussão dialogada dos vídeos. A maior porcentagem dos alunos do Ensino Regular (ER) e Ensino Profissionalizante (EP) marcou a opção “lembro bem” para a maioria das questões com média total de 75,56 e 68,18%, respectivamente. Enquanto na EJA, a maior porcentagem marcou a opção “não sei” com média total de 64,35%. Silva (2017) aponta que as informações visuais como os vídeos e animações auxiliam o processo educacional e fazem com que os estudantes adquiram um modelo visual a respeito do conteúdo estudado.

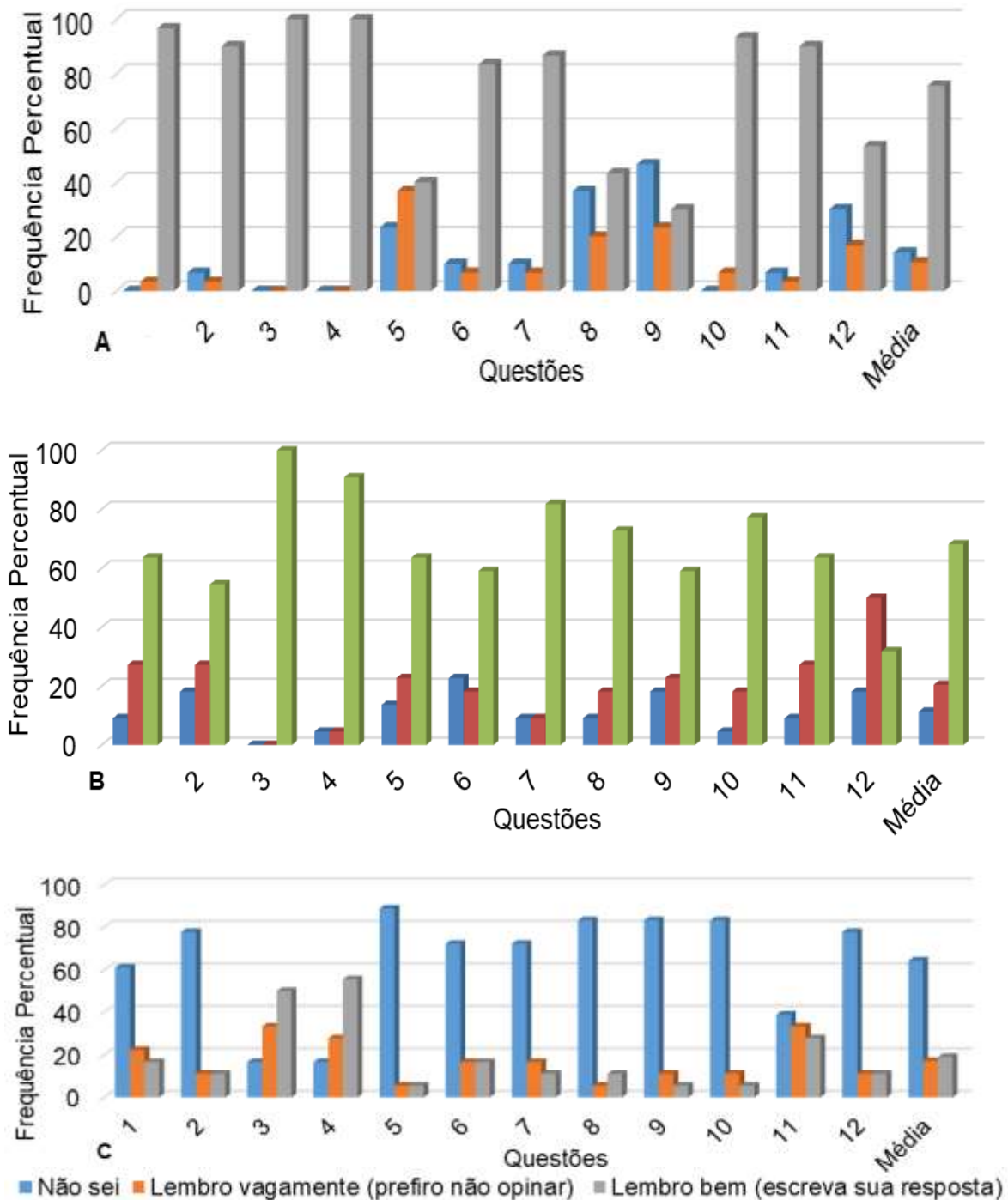
Dentre as questões “lembro bem” marcadas pelos estudantes do ER e EP, há maior porcentagem daquelas ligadas ao processo de replicação (1 e 2); extração do DNA e sua função (3 e 4); definição e localização dos microssatélites (5 e 6); função e material para a realização da PCR (7 e 8); princípio da eletroforese (10) e técnicas empregadas na identificação de indivíduos (11). Resultado similar foi evidenciado quanto à função dos marcadores genéticos (12) no ER e definição do padrão eletroforético (9) no EP (Figura 1).

Na EJA, apenas as questões 3 e 4 foram marcadas na opção “lembro bem” com a maior porcentagem, o que evidenciou a maior dificuldade desses estudantes com os conceitos tecnológicos e científicos associados a biologia molecular (Ferreira, 2017). Além disso, ressalta-se a baixa ou nenhuma contextualização da genética, seja nos livros didáticos ou mesmo na atuação docente (Mascarenhas *et al.*, 2016).

Aos estudantes que marcaram a opção “lembro bem”, foi dado o espaço de formular suas respostas aplicadas após os vídeos, que foram categorizadas em classes de 0 a 5 (Figura 2). Na classe 0 (sem resposta - resposta do tipo não sei, erradas ou em branco), as médias percentuais totais foram de 52,41 na EJA; 27,41 no ER e 10,33 no EP. Na classe 1 (respostas que não indicam compreensão do aluno sobre o tema), as médias foram 22,87 na EJA; 14,98 no ER e 6,67 no EP. A maior porcentagem de estudantes da EJA apresentou questões nas classes 0 e 1, associadas aos equívocos cometidos, na maioria das vezes, com a troca de conceitos. Na classe 2 (respostas que manifestam certa compreensão dos conceitos), as médias percentuais foram de 31,77 no ER; 19,17 na EJA e 14,97 no EP (Figura 2).



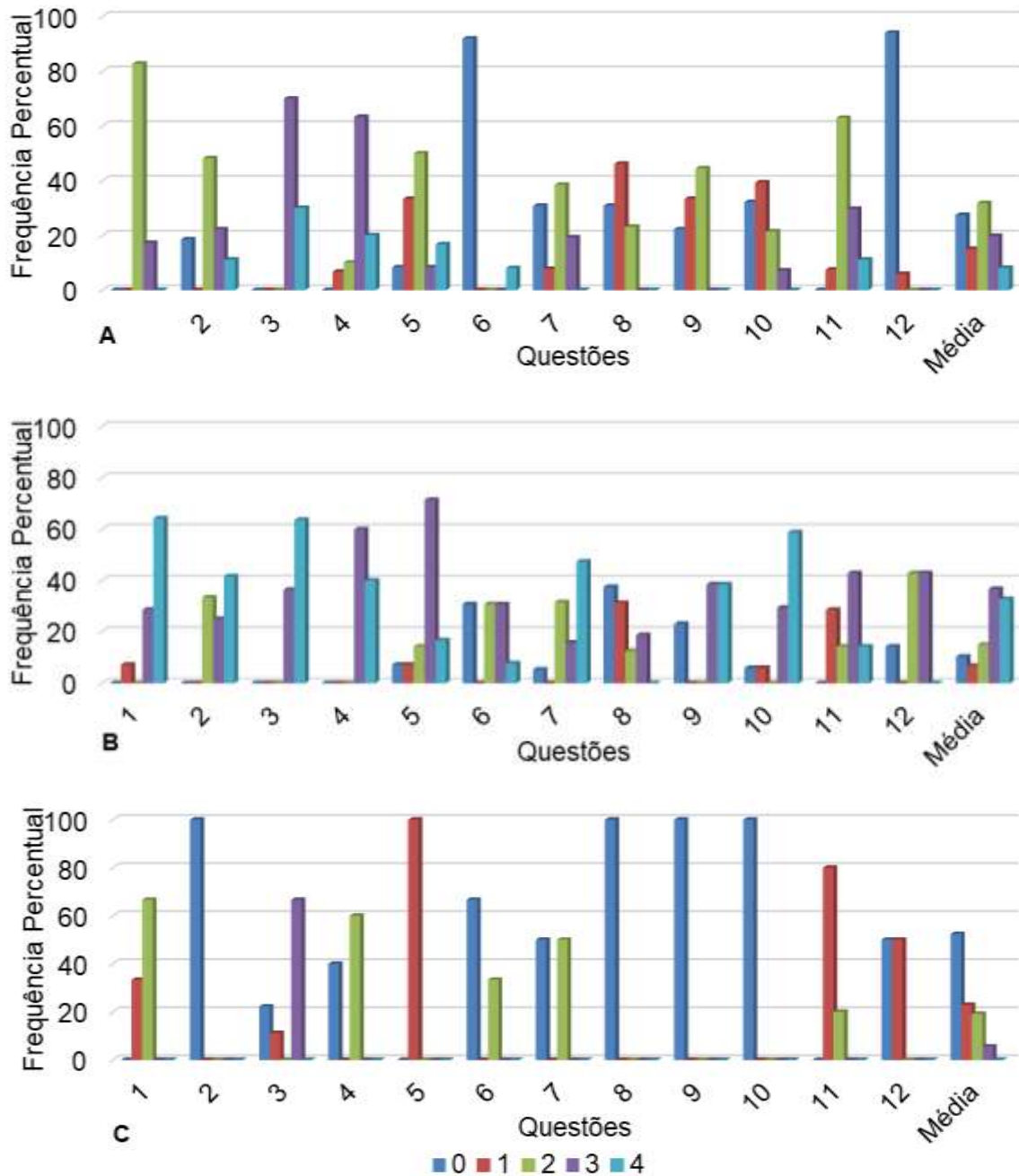
**Figura 1:** Percepção das respostas dos estudantes de três escolas públicas estaduais de Ensino Regular (A), Ensino Profissionalizante (B) e Educação de Jovens e Adultos - EJA (C) no município de Canto do Buriti (PI) após os vídeos.



Questões abertas: 1. Explicar a replicação em desenho. 2. Por quê a replicação é semiconservativa. 3. Materiais usados na extração do DNA. 4. Função do detergente na extração do DNA. 5. Defina microssatélites. 6. Onde são observadas as sequências STR. 7. Para que serve a PCR no DNA? 8. Material necessário para a realização da PCR. 9. Definição do padrão eletroforético. 10. Princípios da eletroforese. 11. Técnicas são empregadas na identificação de indivíduos. 12. Função dos marcadores genéticos.

Fonte: Dados da pesquisa.

**Figura 2:** Questionário avaliativo referente aos estudantes que marcaram a opção “lembro bem” das três escolas públicas estaduais de Ensino Regular (A), Ensino Profissionalizante (B) e Educação de Jovens e Adultos - EJA (C) no município de Canto do Buriti (PI), referente aos vídeos.



Questões abertas: 1. Explicar a replicação em desenho. 2. Por quê a replicação é semiconservativa. 3. Materiais usados na extração do DNA. 4. Função do detergente na extração do DNA. 5. Defina microssatélites. 6. Onde são observadas as sequências STR. 7. Para que serve a PCR no DNA? 8. Material necessário para a realização da PCR. 9. Definição do padrão eletroforético. 10. Princípios da eletroforese. 11. Técnicas são empregadas na identificação de indivíduos. 12. Função dos marcadores genéticos.  
 Fonte: Dados da pesquisa.

Este resultado evidencia que os alunos, apesar de terem adquirido determinado conhecimento, ainda formularam respostas “fracas” sem justificativa. Na classe 3 (resposta satisfatória), as médias percentuais foram de 36,69 no EP; 19,76 no ER e 5,56 na EJA. Esse fato demonstrou que os estudantes ainda possuem dificuldades em argumentar um pensamento com as devidas conexões. Na classe 4 (resposta excelente), as médias percentuais foram de 32,74 no EP; 8,07 no ER e não foi



registrada na EJA (Figura 2).

Na análise individual das questões (Figura 2), os estudantes da EJA mostraram a maior porcentagem nas classes de 0 a 2 nas questões 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12. Apenas a questão 3 mostrou uma resposta satisfatória e nenhuma na classe 4. Os resultados estão de acordo com a percepção deles (Figura 1), exceto a questão 4 na qual, apesar de terem marcado que “lembram bem”, as respostas foram consideradas “fracas”.

Resultado similar foi observado no ER nas questões 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12 nas classes 0 a 2, sendo que a maioria dessas questões ficaram na classe 2. As questões 3 e 4 foram satisfatórias (classe 3) e nenhuma na classe 4. O resultado do ER foi bem diferente da percepção (Figura 1), pois a maior porcentagem dos estudantes marcou “lembro bem” para todas as questões, exceto a 9. No EP, os resultados foram melhores para a maioria das questões (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11 e 12) nas classes 3 e 4 e algumas questões (6, 8 e 12) nas classes de 0 a 2. Os resultados foram coerentes com a percepção desses estudantes (Figura 1).

Na avaliação geral, a pesquisa e o compartilhamento dos vídeos didáticos foram muito importantes para o conhecimento inicial dos estudantes sobre as técnicas da Biologia Molecular e ainda puderam observar como são realizados os procedimentos para os testes de DNA. A utilização de recurso digital (como celular, *smartphone* e *tablet*) permite uma diversidade de expressões, linguagens e suportes (FANTIN, 2018), bem como as séries policiais que despertam o interesse principalmente do público adolescente (Cruz *et al.*, 2016).

O resultado das questões abertas, bem como das interações discursivas, mostra a importância das aulas práticas (lúdica e/ou laboratorial) que possam despertar o interesse e a curiosidade dos alunos, como ocorreu quando um dos alunos da EJA questionou se fariam “a prática na sala de aula”. Barcelos *et al.* (2019) salientam que é preciso tirar proveito do interesse dos estudantes pelas aulas de laboratório e que, utilizando-as de forma investigativa, é possível chegar às soluções para as situações-problema elencadas.

O momento da exibição dos vídeos fez surgir um novo questionamento e posterior discussão: “Como é possível determinar o grau de parentesco entre pessoas?” Para solucionar essa questão, no segundo momento da SEI, os estudantes simularam seis diferentes situações de paternidade que foram esclarecidas pelos demais colegas através da análise de géis de eletroforese impressas em folhas de papel (Figura 3).

No encontro presencial, surgiram muitas ideias criativas como “audiência de pensão” e “programa do ratinho” (“Teste de DNA” é aquele que tinha no programa do ratinho, professora, era muito engraçado”, disse um aluno”). Cruz *et al.* (2016) expõem que atividades lúdicas proporcionam uma proximidade dos estudantes com o conteúdo e aumento do interesse, sendo uma metodologia dinâmica e inovadora, além de permitir momentos de interação entre os indivíduos.

A Figura 3, que apresenta a migração de bandas em géis de eletroforese demonstra como é realizada a comparação do DNA em testes de paternidade. Após as simulações, os estudantes conseguiram identificar o pai da criança apenas observando os padrões de migração a partir do conhecimento sobre a molécula de DNA e a técnica de eletroforese. As hipóteses e a resolução de problemas nas três escolas levaram os estudantes a estabelecerem relações causais para criar um modelo explicativo para identificar o padrão de bandas relacionado com a paternidade/criminalística, enriquecendo a sua capacidade argumentativa como proposto por Sasseron (2015).

**Figura 3.** Simulação de paternidade de estudantes do Ensino Profissionalizante.

Bebê	1		2		3		4		5	
	Pai	Mãe	Pai	Mãe	Pai	Mãe	Pai	Mãe	Pai	Mãe
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fonte: BRASIL (2013).

O terceiro momento realizado (cena do crime) foi baseado na seguinte problematização: “Se é possível determinar parentesco, também se consegue identificar criminosos pelo DNA?” Durante a semana, a professora auxiliou e tirou as dúvidas dos estudantes pelo WhatsApp que preparam a peça teatral de forma muito empolgada e engajada (Figura 4).

**Figura 4.** Cena de crime realizada pelos estudantes do ensino Profissionalizante município de Canto do Buriti (PI).



Fonte: Dados da pesquisa

Durante o desenrolar dessa atividade lúdica, as perguntas motivadoras estimularam os estudantes a propor hipóteses sobre os materiais biológicos encontrados em cenas de crime que são utilizados na identificação de criminosos. Perguntas do tipo: “Quais materiais servem de provas contra um crime?” “De que forma o material pode ser coletado?” “Se não houvesse sangue, daria para descobrir o assassino pelo exame de DNA?” As respostas adquiridas foram bastante pertinentes e correlacionadas com as técnicas abordadas apontando que a capacidade cognitiva dos estudantes foi se desenvolvendo e melhorando a cada momento da SEI.

A utilização de espaços não formais no contexto escolar propicia bases para que os estudantes possam agir ativamente, criticando e transformando sua forma de ver o mundo. Os autores afirmam que, através da produção artística, a pedagogia contempla articulações entre o ensino e a aprendizagem, integrando conteúdos disciplinares com questões da sociedade. O teatro na vertente científica e as perguntas motivadoras que orientaram a sistematização do conhecimento

auxiliaram os estudantes a solucionarem o crime a partir da análise do material biológico encontrado na cena do crime (Cruz *et al.*, 2016).

Uma vez que os estudantes estavam de posse do material biológico do suspeito, a professora levantou a seguinte problematização: “Depois que o material do suspeito é coletado, como o DNA pode ser obtido?” Nesse quarto momento, os estudantes levantaram a hipótese da realização da extração do DNA. A prática realizada em laboratório no ER e na sala de aula com adaptações no EP e na EJA foi muito positiva para que eles pudessem construir o conhecimento sobre a função dos reagentes a partir de conexões com outros conteúdos, como a composição química da célula.

Conceitualmente, a Biologia e a Química se estruturam como complementares, uma vez que detêm muitos tópicos em comum, e diversos conteúdos que têm potencial para serem abordados conjuntamente. Dessa forma, é possível minimizar falhas existentes e sanar as lacunas de compreensão que possam existir (Souza *et al.*, 2018).

O interesse e a curiosidade dos estudantes quando se trata de aula experimental remete à carência dessa prática no cotidiano da maioria das escolas públicas brasileiras (Ávila; Matos, 2017). Entretanto, mesmo reconhecendo sua importância, é preciso tirar o foco do experimento. As práticas laboratoriais devem ir além da manipulação e da observação e devem ser embasadas em ações que os levem a questionar, argumentar e organizar suas ideias (Carvalho, 2018).

Além disso, Barcelos *et al.* (2019) citam que as aulas prático-experimentais devem evitar ser desenvolvidas no modelo de laboratório tradicional, com resultados pré-determinados, onde os estudantes apenas assistem à “mágica acontecer”, modelo denominado por alguns autores como “Verificacionista de Ciência”. Lima, Pereira e Lima (2021) citam que o ensino e as práticas na vertente investigativa são uma tendência contemporânea do Ensino essencial à aprendizagem científica e à aproximação entre o estudante e as atividades do cientista.

A prática da extração do DNA (Figura 5) da banana na perspectiva investigativa nas três escolas foi bastante útil na resolução da questão problema elencada. Os estudantes elaboraram hipóteses concisas retomando conhecimentos adquiridos nos vídeos assistidos e nas práticas lúdicas anteriores, apropriando-se de saberes próprios da comunidade científica. A partir da apropriação do conhecimento sobre a composição química da célula e da molécula do DNA, os alunos compreenderam a função de cada etapa, qual a importância da maceração da banana, a utilização de cada reagente, como o detergente e o álcool gelado.

**Figura 5.** DNA extraído por estudante da Educação de Jovens e Adultos (EJA), município de Canto do Buriti – PI.

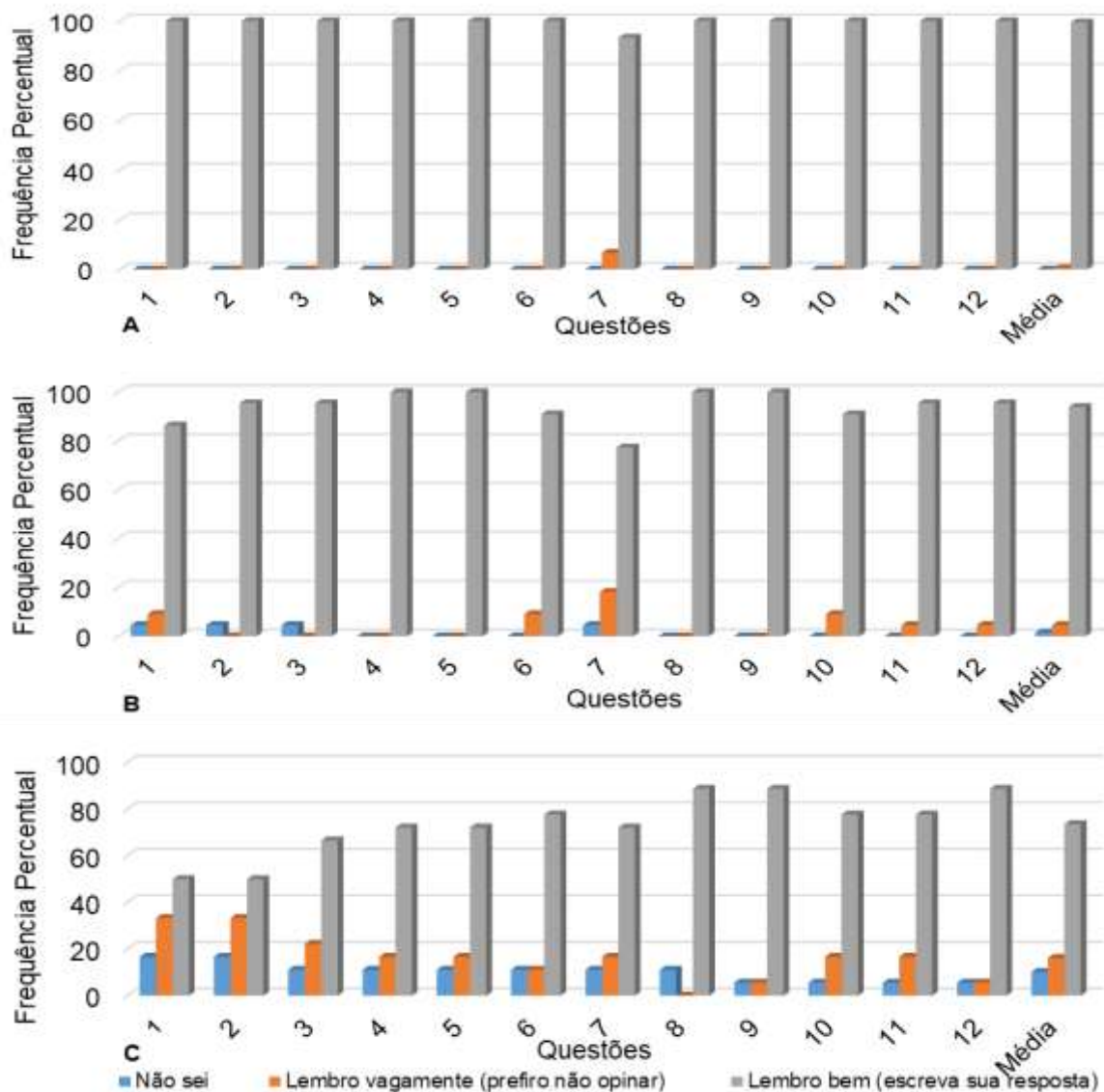


A seta indica o DNA extraído.  
Fonte: Dados da pesquisa

Após esses três momentos da SEI (Simulação de paternidade, Cena de crime e Extração do DNA), foi avaliada a percepção das respostas marcadas pelos estudantes. De modo geral, os dados observados nas respostas das questões de 1 a 5

(situações de paternidade/criminalística), 6 e 7 (cena do crime) e 8 a 12 (extração de DNA), nas três escolas, foram bastante satisfatórios, onde a média percentual total dos alunos que marcaram a opção “lembro bem” foi de 99,44 no ER; 93,94 no EP e 73,61 na EJA (Figura 6). Os resultados mostraram percepções melhores do que os vídeos (Figura 1) nas três escolas.

**Figura 6.** Percepção dos estudantes de três escolas públicas estaduais de Ensino Regular (A), Ensino Profissionalizante (B) e Educação de Jovens e Adultos - EJA (C) no município de Canto do Buriti (PI) em situações de paternidade/criminalística, cena do crime e extração de DNA.



Questões abertas: 1. Como são feitos os testes de DNA? 2. Como comprovar a paternidade? 3. Qual tipo de material biológico pode ser utilizado em perícia criminal? 4. Em um corpo, sem sinais de material biológico é possível encontrar o assassino? 5. Identifique o pai do bebê. 6. Que material perto de um assassino pode ser analisado? 7. Quais são os processos de análise de identificação de material biológico? 8. Por que utilizar banana na extração do DNA? 9. Quais materiais podem ser utilizados na extração de DNA? 10. Qual a função do sal de cozinha na extração do DNA? 11. Qual a função do álcool gelado na extração do DNA? 12. Qual a função do detergente na extração do DNA?

Fonte: Dados da pesquisa.

Na Figura 7, as respostas das questões da opção “lembro bem” foram avaliadas. Na classe 0, a média percentual total foi 0 para os estudantes do ER e EP e 13,05% na EJA. Nas classes de 1 a 4, observou-se um aumento da média total das respostas, variando de 5,77 a 36,47 no ER e de 1,68 a 63,34 no EP. Mesmo na EJA, houve o aumento para as classes de 1

(10,50) a 3 (32,17) e reduziu na classe 4 para 15,16. Os resultados mostram que todas as escolas foram melhores em relação aos vídeos (Figura 2), evidenciando a melhora no aprendizado dos estudantes.

A maioria das questões (3, 4, 6, 8, 9, 10, 11 e 12) do ER apresentaram a maior porcentagem das respostas nas classes 3 e 4 e as questões 1, 2, 5 e 7 nas classes de 1 a 2. No EP, todas as questões encontram-se na classe 4, exceto a 5 e a 10 na classe 3. Na EJA, houve uma melhora expressiva na maioria das questões nas classes 3 e 4 (2, 3, 5, 6, 8, 9 e 12) e as questões 1, 4, 7, 10 e 11 nas classes 1 a 2 (Figura 7). Os resultados avaliativos foram correspondentes para a maioria das questões em que os estudantes marcaram a opção “lembro bem” (Figura 6).

Os dados revelaram uma melhora na formulação de respostas, capacidade cognitiva de argumentação, modelo explicativo dos estudantes e fusão da linguagem e conhecimento científicos com a do cotidiano, inclusive do público da EJA que desconhecia a maioria das técnicas empregadas. Percebe-se que os alunos conseguiram compreender a função dos reagentes na Extração do DNA, a partir de associações com as competências conceituais sobre as propriedades químicas do DNA e da membrana plasmática da célula. Adicionalmente, durante a cena do crime nas escolas, também foi possível notar nos estudantes a preocupação com a contaminação do local, indicando entendimento dos mesmos sobre material biológico e sua análise.

A partir desses dados, as três etapas da SEI (paternidade/criminalística, cena do crime e extração de DNA) foram importantes para o desenvolvimento de habilidades e compreensão dos alunos sobre a Genética Forense. A curiosidade dos alunos por questões policiais ajudou a despertar o interesse dos mesmos, auxiliando-os no processo de aprendizagem, refletindo na qualidade das suas respostas e levando-os a encontrar a solução para as questões - problema levantadas.

Cruz *et al.* (2016) defendem que o desenvolvimento de atividades lúdicas e práticas, auxiliam os estudantes a compreender a relevância dos conteúdos estudados de Genética, incentivando-os a aprendê-los de maneira simples e duradoura, além de melhorar o desempenho nas avaliações. De acordo com Machado (2019), a experimentação é uma estratégia eficiente no processo pedagógico, permitindo aos estudantes a criação de problemas, sejam eles reais ou fictícios, gerando interesse e questionamento investigativo.

Com os alunos “de posse do DNA do suposto pai ou criminoso”, a professora levantou as questões: E agora? Como o DNA extraído pode ser utilizado na forense? Será que toda quantidade de DNA encontrada é suficiente para análise? As falas dos estudantes nesse momento evidenciaram a capacidade de levantar hipóteses baseadas em conhecimentos prévios. Foi possível notar que eles conseguiram correlacionar a PCR com o processo de replicação do DNA, compreenderam as etapas da PCR, bem como os reagentes e materiais utilizados nessa técnica. Por exemplo, ao perguntar para as turmas para que serve o Termociclador, os estudantes conseguiram associar o aparelho com a amplificação do DNA.

Como problematização final, a professora questionou aos alunos como esse DNA que já passou por tantos processos vai ser analisado? Nesse momento, os estudantes, retomando os vídeos assistidos, conseguiram compreender como ocorre a análise do DNA no gel de eletroforese. A professora construiu junto com os estudantes uma cuba artesanal de eletroforese (Figura 8).

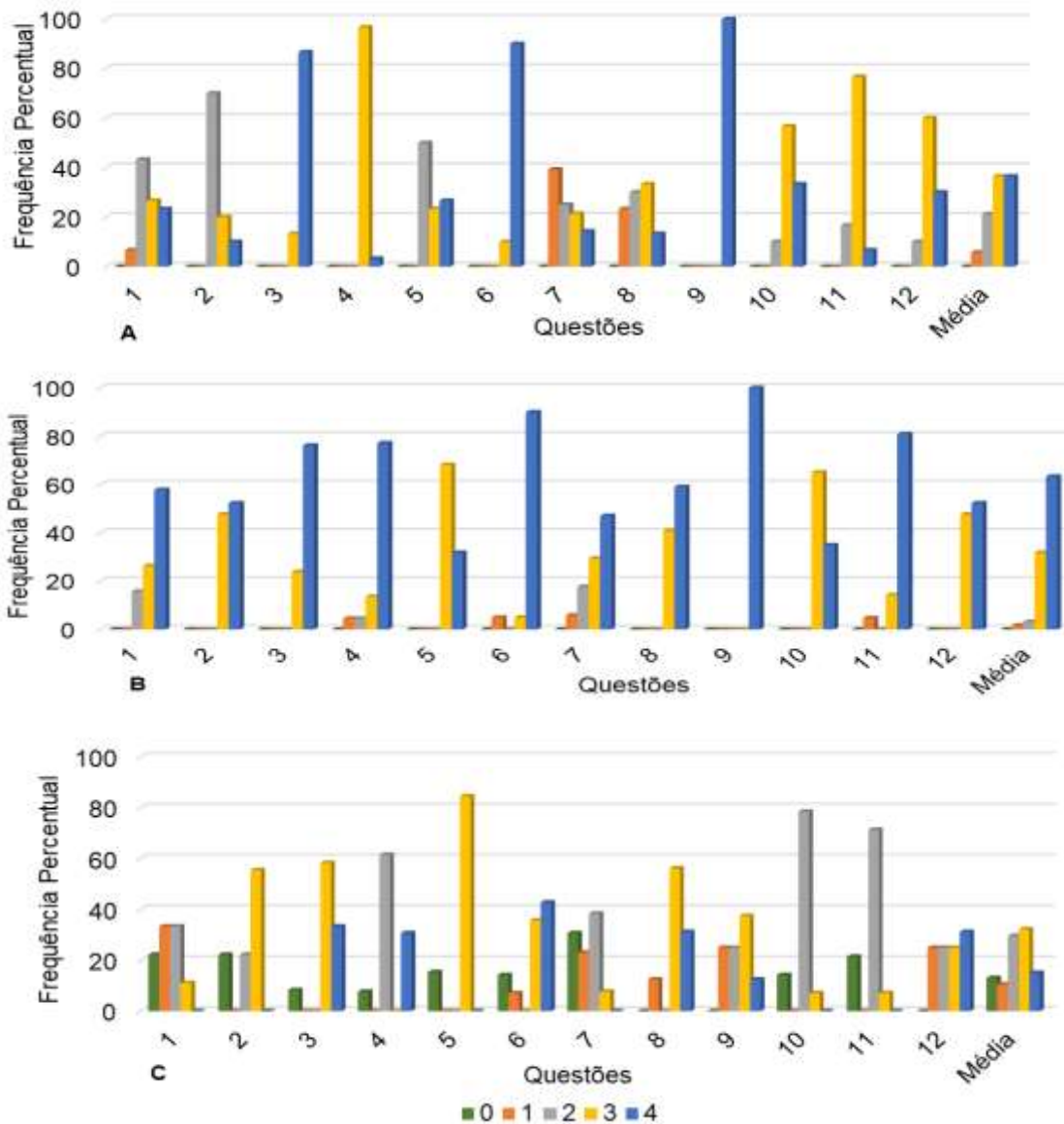
Durante a montagem da cuba, as perguntas motivadoras foram úteis para estimular os estudantes a sistematizar mais uma vez o conhecimento, retomando todo o processo realizado durante a SEI e conseguindo, finalmente, resolver a problematização geral, compreendendo como é feita a identificação de pessoas pelo DNA.

Durante as práticas lúdicas, foi possível notar o mesmo empenho dos estudantes em relação à prática experimental anterior, corroborando com Gomes e Souza (2017) que defendem a utilização de modelos didáticos em sala de aula. Em algumas falas, foi observado um amadurecimento científico dos alunos como: “Então a impressão daqueles traços é feita no gel?” questionou um aluno. Ao solicitar da turma uma resposta, outro colega respondeu: “O material vivo do corpo é tratado, passa por todos aqueles processos, para chegar ao papel e ser lido”, demonstrando compreensão do processo realizado e



correlacionando com a problematização geral, conseguindo formular um argumento convincente.

**Figura 7.** Questionário avaliativo dos alunos que marcaram a opção “lembro bem” das três escolas públicas estaduais de Ensino Regular (A), Profissionalizante (B) e Educação de Jovens e Adultos - EJA (C) no município de Canto do Buriti (PI) nas situações de paternidade/criminalística, cena do crime e extração de DNA.

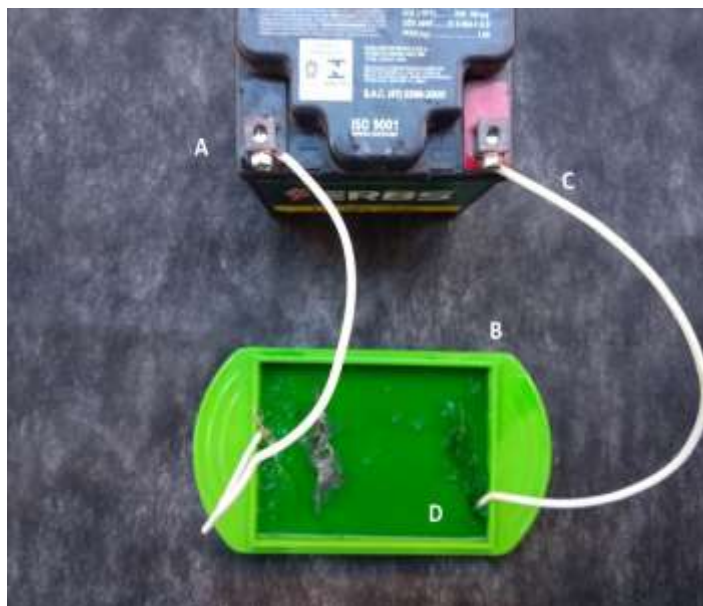


Questões abertas: 1. Como são feitos os testes de DNA? 2. Como comprovar a paternidade? 3. Qual tipo de material biológico pode ser utilizado em perícia criminal? 4. Em um corpo, sem sinais de material biológico é possível encontrar o assassino? 5. Identifique o pai do bebê. 6. Que material perto de um assassino pode ser analisado? 7. Quais são os processos de análise de identificação de material biológico? 8. Por que utilizar banana na extração do DNA? 9. Quais materiais podem ser utilizados na extração de DNA? 10. Qual a função do sal de cozinha na extração do DNA? 11. Qual a função do álcool gelado na extração do DNA? 12. Qual a função do detergente na extração do DNA?

Fonte: Dados da pesquisa.



**Figura 8.** Cuba eletroforética montada pelos estudantes do Ensino Regular junto com a professora no município de Canto do Buriti – PI.



A- Bateria de motocicleta; B- Manteigueira; C- Fios de cobre; D- Gelatina incolor.  
Fonte: Dados da pesquisa.

Na Figura 9, a percepção das respostas nas questões de 1 a 5 (PCR) e de 6 a 10 (eletroforese) foi satisfatória com a média percentual total dos estudantes que marcaram a opção “lembro bem” no EP de 83,18; no ER de 77,67 e na EJA de 31,11. No ER e no EP, o resultado da percepção demonstrou que os estudantes compreenderam a função da PCR e sua importância na forense (questão 1), como forma de obtenção de uma maior quantidade de DNA para uma análise mais precisa, bem como o funcionamento do Termociclador (2) e dos reagentes (3). Os mesmos ainda desenvolveram a competência cognitiva, à medida que conseguiram relacionar a técnica de PCR com o processo de replicação (4). Os estudantes também entenderam: o uso da TAQ Polimerase na PCR (5); como ocorre a migração das bandas na eletroforese (6); a carga elétrica da molécula do DNA (7); o nome do gel utilizado na eletroforese (8); para qual polo as bases nitrogenadas são atraídas na cuba de eletroforese (9) e nome do corante usado na eletroforese (10). Sendo que a percepção da última questão foi melhor no Regular do que no Profissionalizante. Já os estudantes da EJA, as maiores médias foram apenas nas questões 2, 3 e 7 (Figura 9).

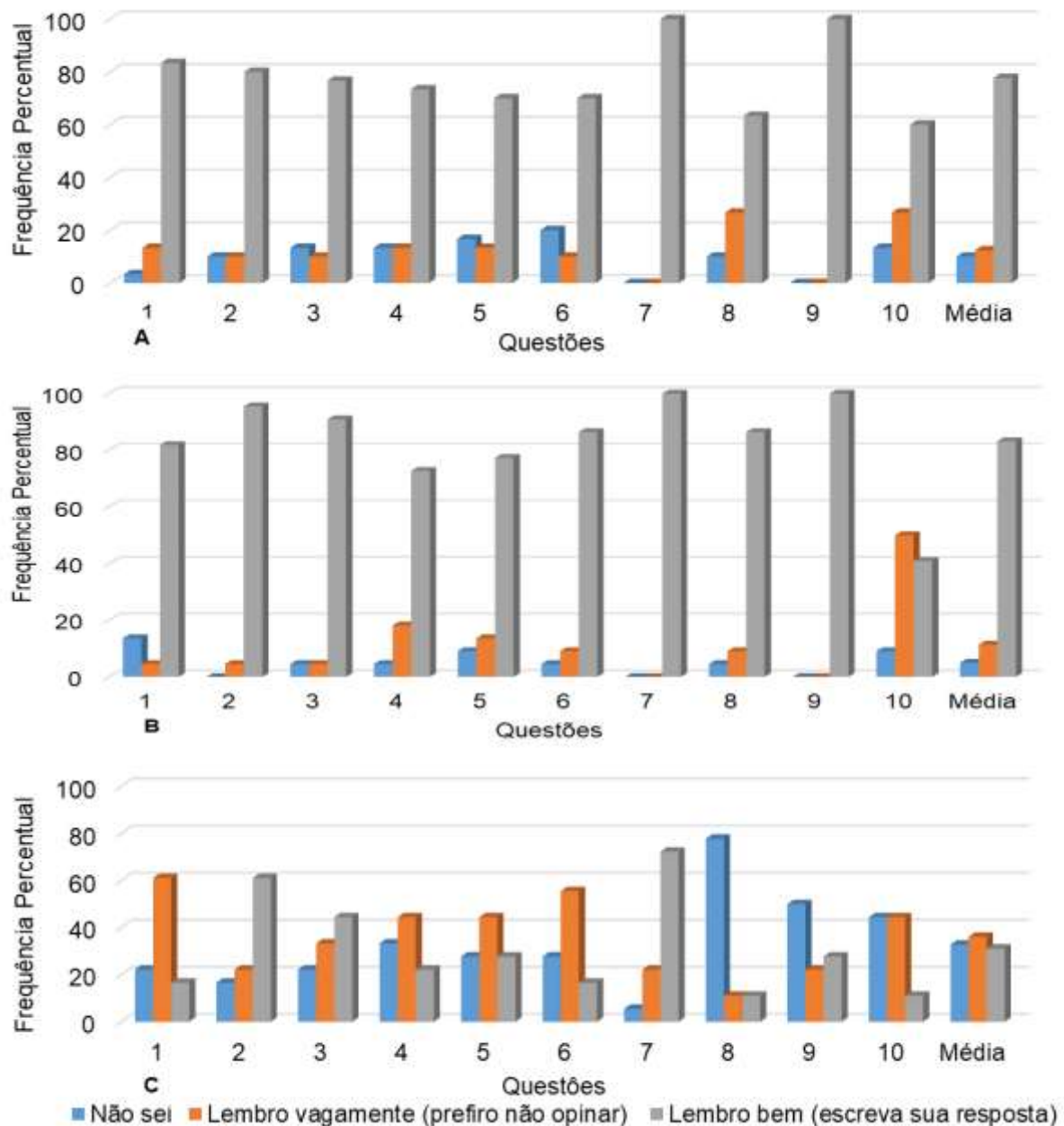
Na Figura 10, a porcentagem das classes de 0 a 4 nas questões aplicadas após as práticas lúdicas da PCR e eletroforese foi avaliada. Mesmo apresentando todas as classes de respostas nas três escolas, a maior média percentual total foi para a classe 4 em todas as escolas com destaque para o EP (64,10). O resultado das duas classes (3 e 4) mostrou respostas satisfatórias e excelentes em 85,73 no EP; 49,73 na EJA e 41,29 no ER.

A maioria das questões (1, 3, 4, 5, 6 e 10) dos estudantes do ER apresentou a maior porcentagem das respostas nas classes de 0 a 2 e as questões 2, 7, 8 e 9 na classe 4. No EP, todas as questões encontram-se na classe 4, exceto a 1 e a 4 na classe 3. Na EJA, houve novamente uma melhora expressiva na maioria das questões nas classes 3 e 4 (2, 5, 7, 8, 9 e 10) e as questões 1, 3, 4 e 6 nas classes 1 a 2 (Figura 10). Os resultados de percepção (Figura 8) foram discordantes no ER, pois os resultados avaliativos não foram tão bons quanto o esperado, e na EJA ocorreu o contrário, enquanto no EP, os dados da percepção e avaliação foram correspondentes com a opção “lembro bem”.

A presença das outras classes de 0 a 2 poderia ainda estar associada a maior dificuldade dos alunos quando se trata de questões específicas da Ciência. Também foi comum haver uma confusão entre os conceitos, quando por exemplo, um aluno respondeu que a eletroforese se baseia na PCR, que são duas técnicas distintas. Ainda tomando como exemplo a questão sobre

a eletroforese, outro aluno respondeu que se baseia “na carga negativa”, sem mais explicações, obtendo nota 1.

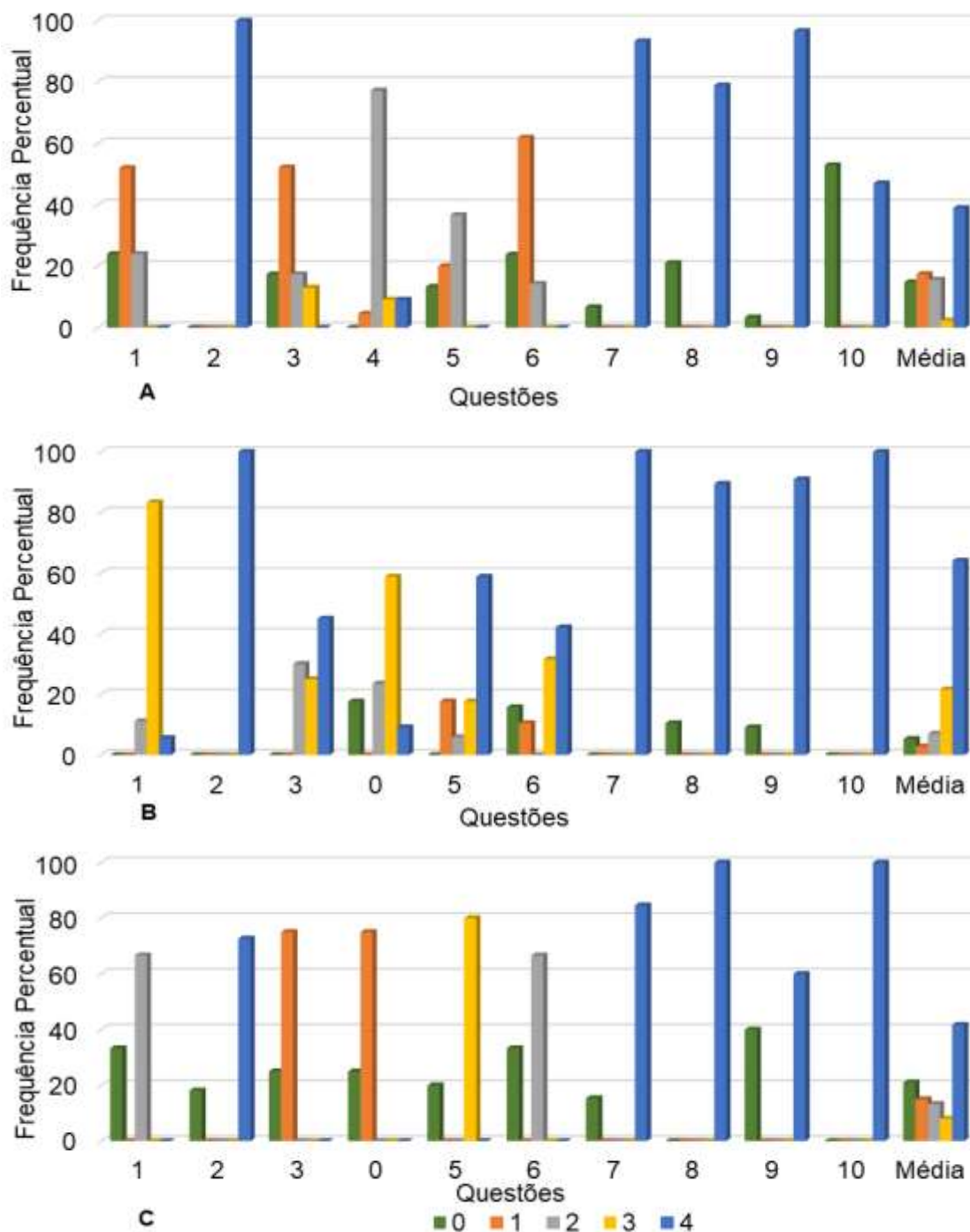
**Figura 9.** Percepção dos estudantes de três escolas públicas estaduais de Ensino Regular (A), Ensino Profissionalizante (B) e Educação de Jovens e Adultos - EJA (C) no município de Canto do Buriti (PI), envolvendo práticas lúdicas da PCR e Eletroforese.



Questões abertas: 1. Significado e princípios da PCR. 2. Aparelho utilizado para realizar a PCR. 3. Material necessário para realizar a PCR. 4. Relação da PCR com a replicação do DNA? 5. Motivo do uso da TAQ Polimerase na PCR? 6. Princípios da eletroforese 7. Carga elétrica da molécula do DNA. 8. Nome do gel usado na eletroforese. 9. Para qual polo as bases nitrogenadas são atraídas na cuba de eletroforese? 10. Nome do corante usado na eletroforese.

Fonte: Dados da pesquisa.

**Figura 10.** Questionário avaliativo das três escolas públicas estaduais de Ensino Regular (A), Profissionalizante (B) e Educação de Jovens e Adultos - EJA (C) no município de Canto do Buriti (PI) que marcaram a opção “Lembro bem” com as práticas lúdicas da PCR e Eletroforese.



Questões abertas: 1. Significado e princípios da PCR. 2. Aparelho utilizado para realizar a PCR. 3. Material necessário para realizar a PCR. 4. Relação da PCR com a replicação do DNA? 5. Motivo do uso da TAQ Polimerase na PCR? 6. Princípios da eletroforese 7. Carga elétrica da molécula do DNA. 8. Nome do gel usado na eletroforese. 9. Para qual polo as bases nitrogenadas são atraídas na cuba de eletroforese? 10. Nome do corante usado na eletroforese.

Fonte: Dados da pesquisa.

O resultado mostrou que além de interagir discursivamente, os estudantes melhoraram a sua capacidade de formular respostas quando confrontados com um questionário, como mostrado na fala de um aluno que ao ser questionado sobre a

utilização da enzima TAQ Polimerase na PCR respondeu: que a enzima suporta o calor transmitido pelo Termociclador (aparelho usado); salientando o desenvolvimento da capacidade de argumentar perante um questionamento. A utilização de modelos didáticos, empregados no ensino de genética, facilita a compreensão dos conceitos complexos, como a PCR e a Eletroforese. Além de promover uma interação social mais rica, motivadora e eficaz entre os estudantes (Ávila Matos, 2017).

Nesse sentido, a utilização de práticas pedagógicas voltadas para a vertente investigativa, tirando o foco do experimento e dando destaque à resolução de problemas através da prática experimental, desenvolveu nos estudantes a habilidade de trabalhar em grupo de forma colaborativa e participativa, elencar e testar hipóteses e se posicionar de forma argumentada na defesa de suas conclusões (Barcelos *et al.*, 2019; Souza Jr, 2014).

#### 4. Considerações Finais

Cada momento da SEI foi bastante produtivo no desenvolvimento das competências cognitivas dos estudantes em aplicações da biologia molecular na genética forense. Além disso, foi possível observar o empenho e envolvimento dos alunos em buscar as respostas para as perguntas motivadoras a partir do uso das metodologias empregadas.

A utilização de vídeos ajudou os estudantes na busca do conhecimento necessário para solucionar a problemática levantada, a superarem a abstração dos temas estudados, conseguindo visualizá-los de forma mais concreta; enquanto as simulações lúdicas, como a paternidade, cena de crime, PCR e eletroforese, além da prática experimental de Extração de DNA, permitiram aos estudantes levantarem hipóteses, testá-las, chegarem à solução dos problemas elencados e argumentarem seu posicionamento frente aos colegas.

As questões realizadas após cada etapa da SEI mostraram 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. A análise dessas questões e das interações discursivas (presenciais e no *WhatsApp*) evidenciaram que muitos alunos conseguiram apresentar um argumento satisfatório para os questionamentos apresentados.

Desse modo, evidencia-se a importância da SEI aliada a utilização de metodologias ativas como as propostas neste estudo em escolas do Ensino Médio. Assim, os estudantes conseguem atribuir maior significado aos temas abordados, ao contextualizarem com a sua realidade, superando o ensino somente informativo, descontextualizado e fragmentado.

Mediante a pesquisa realizada, ressalta a necessidade de realizar mais estudos sobre diferentes temáticas no ensino de biologia de forma investigativa e os benefícios que esta pode trazer.

#### Referências

- Araújo, M. I. O., & Bizzo, N. (2015) Processo investigativo sobre práticas pedagógicas para inserção da dimensão ambiental na formação de professores de Biologia. *Revista Tempos e Espaços em Educação*, 8 (16) 125-138.
- Ávila, S. G., & Matos, J. R. (2017) Compostos coloridos do ferro: uma proposta de experimentação utilizando materiais de baixo custo. *Educación Química*, 28 (4), 254-261.
- Barcellos, L. S., Gervásio, S. V., Silva, M. D. A. J., & Coelho, G. R. (2019). A Mediação pedagógica de uma licencianda em Ciências Biológicas em uma aula investigativa de ciências envolvendo conceitos físicos. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 19 (1) 36-65.
- Brasil. (2013) *ENEM: Provas e gabaritos*. <http://portal.inep.gov.br/provas-e-gabaritos>.
- Brasil. (2017) *Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM)*. MEC.
- Brandão, C. R. (1981). *Pesquisa participante* (pp. 130-198). São Paulo: Brasiliense.
- Carvalho, A. M. P. (2018). Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 18 (3), 765-794.
- Costa, C., & Martins, I. P. (2016) Educação em ciências no primeiro ciclo do ensino básico para desenvolvimento sustentável. *Indagatio Didactica*, 8 (1), 30-45.

- Cruz, A. A. S., Ribeiro, V. G., Longhinotti, E., & Mazzetto, S. E. (2016). A Ciência Forense no ensino de Química por meio da experimentação investigativa e lúdica. *Química Nova na Escola*, 38 (2), 167-172.
- Griffin, K. A., & Griffin, S. (2003). Development of disease-specific quality of life measurement tools. *Arthroscopy*, 19 (10), 1121-1128.
- Fantin, M. (2018). Crianças, dispositivos móveis e aprendizagens formais e informais. *Educação Temática Digital*, 20 (1), 66-80.
- Ferreira, A. (2017). Despertando o olhar científico no ensino de biologia para jovens e adultos (EJA). *Revista Areté: Revista Amazônica de Ensino de Ciências*, 8 (17), 156-166.
- Gomes, P. W. P., & Souza, R. F. (2017) O uso de um laboratório portátil com materiais reciclados nas aulas práticas de ciências naturais. *Revista Areté: Revista Amazônica de Ensino de Ciências*, 10, (22), 74-83.
- Lima, K., Pereira, P., & Lima, J. (2021). Ensino de Ciências por investigação em Ciências Biológicas: revisão sistemática de literatura em artigos de periódicos nacionais classificados no Qualis. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, 12 (1), 1-34.
- Lima, M. M. O., Cardoso, T. C., Santos Filho, F. S., Martins, F. A., & Almeida, P. M. (2020) Atividades práticas de Biologia: uma Sequência de Ensino Investigativa sobre o Ciclo Celular. *Research, Society and Development*, 9(9), e611997801.
- Lima, S. M., Araújo, M., & Lima, M. (2021) Metodologias alternativas no ensino de Evolução em uma escola pública do Piauí. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, 12 (1), 1-15.
- Ludke, M., & Andre, M. E. D. A. (2013). *Pesquisas em educação: uma abordagem qualitativa*. São Paulo: E.P.U.
- Machado, C. (2019). Atividades laboratoriais com materiais de baixo custo: um estudo com professores timorenses. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 18 (1), 198-223.
- Mascarenhas, A. M. J. O., Silva, V. D. S. C., Martins, P. R. P., Fraga, E. C., & Barros, M. C. (2016). Estratégias metodológicas para o ensino de genética em escola pública. *Pesquisa em Foco*, 21 (2), 5-24.
- Medeiros, D. R., & Goi, M. E. J. (2020). A Resolução de Problemas como uma metodologia investigativa no Ensino de Ciências da Natureza. *Research, Society and Development*, 9 (1), 1-32.
- Oliveira, F. S., Lacerda, C. D., Oliveira, P. S., & Coelho, A. A. (2015). Um jogo de construção para o aprendizado colaborativo de Glicólise e Gliconeogênese. *Revista de Ensino de Bioquímica*, 13 (1), 45-57.
- Oliveira, P. W., Pinto, F. S., Almeida, P. J. F., Costa, R. L., Barbosa, J. C., Silva, F. G. D. O., & Miranda, J. L., (2019). Uma proposta de contextualização teatral científica sobre qualidade do ar no ensino de química. *Scientia Naturalis*, 1 (4), 118-134.
- Peixe, P. D., Pinheiro, L. G., Araújo, M. F. F., & Moreira, S. A. (2017). Os temas DNA e Biotecnologia em livros didáticos de biologia: abordagem em ciência, tecnologia e sociedade no processo educativo. *Acta Scientiae*, 19 (1), 177-191.
- Pinhati, F. R. (2015) Eletroforese de DNA: Dos Laboratórios de Biologia Molecular para as Salas de Aula. *Quím. nova escola*, 37 (4), 316-319.
- Ramos, V. D. S., Aires, R. M., & Góes, A. C. S. (2018). O princípio elementar de Mendel aplicado a um teste de paternidade: Uma simulação a partir do triângulo amoroso de Dom Casmurro. *Genética na escola*, 13 (1).
- Sasseron, L. H. (2015) Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. *Revista Ensaio*, 17 (1), 49-67.
- Silva, J. B. (2017). O contributo das tecnologias digitais para o ensino híbrido: O rompimento das fronteiras espaço-temporais historicamente estabelecidas e suas implicações no ensino. *Artefactum - Revista de estudos em Linguagens e Tecnologia*, 15 (2).
- Souza Jr., D. R. (2014). Ensino de Eletrodinâmica em uma perspectiva investigativa: Analisando os desdobramentos sobre a aprendizagem de estudantes. *Tese (Doutorado – Programa de Pós-graduação em Ensino de Física)* - Universidade Federal do Espírito Santo.
- Souza, A. M. A., Junior, A. M. M., Oliveira, E. G., & Almeida, M. G. O. (2012). Interdisciplinaridade entre Biologia e Química: a Bioquímica ligando disciplinas. *Cadernos de Estudos e Pesquisa na Educação Básica*, 4 (1), 197-212.
- Yamazaki, R. M. O., Yamazaki, S. C., Stuaní, G. C. & Sousa, N. M. (2017) História da biologia e sua articulação com uma atividade experimental: extração da molécula de DNA. *Enseñanza de las Ciencias*, 35 (Extra), 3815-3820.