UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PIAUÍ

CENTRO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA

MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE BIOLOGIA

USO DA BIOLOGIA FORENSE COMO FERRAMENTA INVESTIGATIVA PARA O ENSINO DE GENÉTICA

THÂMARA CHAVES CARDOSO

ORIENTADOR: PROF. DR. PEDRO MARCOS DE ALMEIDA

COORIENTADORA: PROFA. DRA. FRANCIELLE ALLINE MARTINS

Teresina – PI

2020

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PIAUÍ

CENTRO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA

MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE BIOLOGIA

USO DA BIOLOGIA FORENSE COMO FERRAMENTA INVESTIGATIVA PARA O ENSINO DE GENÉTICA

THÂMARA CHAVES CARDOSO

Trabalho de Conclusão de Mestrado apresentado ao Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional – PROFBIO da Universidade Estadual do Piauí, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Biologia.

Área de concentração: Ensino de Biologia

Orientador: Prof. Dr. Pedro Marcos de Almeida

Coorientadora: Profª. Drª. Francielle Alline Martins

Teresina – PI

2020

USO DA BIOLOGIA FORENSE COMO FERRAMENTA INVESTIGATIVA PARA O ENSINO DE GENÉTICA

THÂMARA CHAVES CARDOSO

Trabalho de Conclusão de Mestrado apresentado ao Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional - PROFBIO da Universidade Estadual do Piauí, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Biologia. Área de concentração: Ensino de Biologia

Aprovado em ____ de _____de 2020.

Membros da Banca:

Prof. Dr. Pedro Marcos de Almeida

(Presidente da Banca – UESPI)

Profª. Drª. Francielle Alline Martins
(Coorientadora – UESPI)

Prof. Dr. Wellington dos Santos Alves

(Membro Titular – UESPI)

Profa. Dra. Francilene Vieira da Silva Freitas

(Membro Externo – UNINASSAU e UEMA)

Teresina – PI

2020

À Lídia Rachel de Fátima Marques Cardoso.

RELATO DO MESTRANDO

Graduei-me em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual do Piauí – UESPI no ano de 2008 e dois anos depois comecei a lecionar na rede Estadual – SEDUC – PI, onde permaneço como professora de Biologia nas três séries do Ensino Médio de uma pequena escola do interior do estado. A escola detém poucos recursos materiais, porém sempre me vi como uma professora preocupada com o aprendizado dos alunos, junto com os demais colegas da escola. No entanto essas deficiências acabavam se tornando um entrave na prática educacional.

Fazer os estudantes compreenderem questões tão difíceis como as da área da Biologia, sem laboratório, data show e às vezes até sem livro, me parecia uma tarefa quase impossível. Então minha prática se resumia em tentar simplificar o máximo o conteúdo para que os estudantes o assimilassem.

Ao entrar no PROFBIO, uma das primeiras “novidades” que me deparei foi com o termo: ensino por investigação, além de receber muitos materiais inesperados (cola, papel, tesoura, massinha de modelar, lego, etc.). Foi durante o manuseio desses materiais, a contextualização dos temas da Biologia e as discussões sobre o processo de ensino aprendizagem contemporâneo, que pude perceber que a prática pedagógica é um campo muito mais amplo que imaginava.

Para que os estudantes aprendam a Biologia de forma mais duradoura, eles precisam visualizar os fenômenos de forma mais concreta. A novidade para mim é que esse fato pode ocorrer na própria sala de aula e utilizando materiais acessíveis e de baixo custo. Também pude perceber que o aluno passivo, receptor de informações também já não existe mais. Meu aluno atual questiona, argumenta e até reclama, eu aprendi a usar esse fenômeno em favor da aprendizagem. Consegui sair do centro da prática educacional e colocar o meu aluno nele, atuando, agindo, manipulando e construindo seu conhecimento.

Cada experiência compartilhada no PROFBIO foi uma motivação para mim e hoje eu posso incentivar os colegas professores da minha escola a nos tornarmos profissionais melhores a cada dia.

AGRADECIMENTOS

- À Deus, primeiramente à Ele. Sem a fé nenhuma jornada poderia ser concretizada.
- A todos os que fazem a Universidade Estadual do Piauí – UESPI e à coordenação geral do PROFBIO na Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG.
- À CAPES pela contribuição com o financiamento do curso.
- À Coordenação local, na pessoa da professora Francisca Lúcia de Lima, cuja dedicação e desprendimento contribuíram bastante para tornar possível o nosso almejado sonho de nos tornarmos Mestres.
- A todos os professores do PROFBIO, obrigada a cada um pelo ensinamento e pelas experiências partilhadas durante o curso. Em especial a Josiane Silva Araújo e Wellington dos Santos Alves pelo apoio com a correção dos trabalhos e à professora Emília Ordones Lemos Saleh, pelo carinho e preocupação com cada um de nós.
- Ao meu orientador, Professor Pedro Marcos de Almeida, cuja generosidade, preocupação, dedicação e competência são imensuráveis. Minha eterna gratidão!
- À Professora e coorientadora Francielle Alline Martins pela ajuda com a parte estatística do trabalho, pela partilha de experiências e incentivo! Obrigada!
- À minha filha, Lídia Rachel de Fátima, que me motiva a ser uma pessoa melhor a cada dia. Que chorou em cada viagem, mas compreendia a necessidade das minhas ausências!
- Ao meu esposo, Jarlos, pelo companheirismo, compreensão e principalmente incentivo. Obrigada!
- Aos meus pais, Tomé e Alcídia, e ao meu irmão, Thalles e cunhada Lidiany por acreditarem em mim e pelo apoio incondicional, nos momentos mais difíceis, pelo cuidado e preocupação com a Lídia, e em toda a minha jornada.
- À Anady e Carlinhos pelo apoio e amizade, seja de perto ou à distância sei que sempre poderei contar com vocês!
- À minha “vozinha” que tanto se preocupava comigo, com minhas viagens e hoje lá do céu olha por mim.

- Aos “Cardoso”, que me receberam como agregada e ajudaram tanto no cuidado da minha pequena. Às vezes mesmo estando longe, eu sabia que ela estava em boas mãos.
- Aos meus amigos que me incentivaram e por algum motivo se espelharam em minhas lutas, assim como me espelho nas suas! Meu eterno obrigado, pela amizade e incentivo!
- À Milany e ao Carlinhos pela generosidade. Que Deus dê em dobro tudo que vocês colhem!
- Aos meus amigos do PROFBIO, obrigada pela convivência nestes dois anos. Em especial às minhas Lulus, Paula Rebeca, Raiza, Luciane e Milany, pela amizade, e companheirismo. Com vocês tudo se tornou mais fácil e divertido certamente.
- À Michelle, pelo apoio, generosidade, paciência e auxilio nos resumos. Minha gratidão!
- Aos estudantes das três escolas que fizeram parte da pesquisa, pelo compromisso, receptividade e paciência em participar deste trabalho.
- À Escola Estadual Padre Pedro da Silva Oliveira, que me recebeu de braços abertos, em especial à Coordenadora Maria, pelo apoio, e colaboração.
- Ao CEEP Maria Chaves, por colaborar com a execução desta pesquisa, pelo apoio, receptividade e parceria.
- À Escola Estadual Agostinho Valente pelo apoio na execução desta pesquisa.
- A todos os meus ex, atuais e futuros alunos, vocês me motivam a procurar ser uma pessoa melhor a cada dia. Meu muito obrigado!

""O aluno precisa ser um detetive do conhecimento."

(Sam Wineburg)

RESUMO

CARDOSO, T. C. **Uso da biologia forense como ferramenta investigativa para o ensino de genética.** 2020. 124 p. Trabalho de Conclusão de Mestrado (Mestrado em Ensino de Biologia) – Universidade Estadual do Piauí. Teresina.

As dificuldades em biologia molecular desafiam os professores a buscarem novas metodologias de ensino. O presente estudo teve como objetivo desenvolver uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI) com práticas de biologia molecular como ferramenta problematizadora para o ensino da genética forense. A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa (Protocolo CEP-UESPI 3.196.797). O público-alvo foi estudantes do 3° ano do Ensino Médio do município de Canto do Buriti (PI). A pesquisa de natureza qualiquantitativa e de caráter interventiva consistiu em um momento de pré- intervenção com questionário e interações discursivas a partir de situações-problematizadoras; seis momentos que visavam estimular o estudante a pesquisar e compartilhar vídeos pelo WhatsApp, investigar simulações de paternidade; montar uma cena de crime; realizar extração de DNA e simulações lúdicas (Reação de Polimerase em Cadeia e eletroforese), tornando-se, dessa forma, protagonista do processo investigativo. Após a SEI, o pós-questionário, ganho normalizado de aprendizagem (*g*) e questionário feedback foram avaliados e expressos em porcentagem. De forma geral, no pré-teste, os estudantes mostraram dificuldades na percepção e conhecimento das técnicas moleculares aplicadas na forense. Durante a SEI, as interações discursivas entre os estudantes evidenciaram posicionamento crítico e investigativo diante de problematizações e amadurecimento científico. Após cada etapa da SEI, questões realizadas pelos estudantes mostraram o desenvolvimento de habilidades e compreensão sobre a temática. O pós-teste foi satisfatório com acertos variando de 43 a 77% das questões. O ***g*** foi categorizado como médio e alto na maioria das questões e o feedback mostrou boa aceitação dos estudantes pelas metodologias utilizadas. Portanto, a SEI facilitou a compreensão da dinâmica da genética forense, minimizando o distanciamento entre a teoria e a prática, bem como despertou um maior interesse dos estudantes em relação ao estudo da Genética Molecular.

Palavras - Chave: Biologia Molecular, Ensino médio, Modelos lúdicos, Prática laboratorial.

ABSTRACT

CARDOSO, T. C. **Use of forensic biology as an investigative tool for teaching genetics.** 2020. 124 p. Master's degree work (Master in Biology Teaching) - State University of Piauí. Teresina.

Difficulties in molecular biology challenge teachers to seek new teaching methodologies. The present study aimed to develop an Investigative Teaching Sequence (SEI) with molecular biology practices as a problematic tool for teaching forensic genetics. The research was approved by the Research Ethics Committee (CEP-UESPI Protocol 3,196,797). The target audience was 3rd year high school students in the municipality of Canto do Buriti (PI). The research of a qualitative and quantitative nature and of an interventional character consisted of a pre-intervention moment with a questionnaire and discursive interactions based on problematizing situations; six moments that aimed to encourage the student to search and share videos through WhatsApp, to investigate fatherhood simulations; set up a crime scene; perform DNA extraction and playful simulations (Polymerase Chain Reaction and electrophoresis), thus becoming the protagonist of the investigative process. After SEI, the post-questionnaire, normalized learning gain (g) and feedback questionnaire were evaluated and expressed as a percentage. In general, in the pre-test, students showed difficulties in the perception and knowledge of molecular techniques applied in forensics. During SEI, discursive interactions between students showed a critical and investigative position in the face of problematization and scientific maturity. After each stage of SEI, questions asked by students showed the development of skills and understanding of the theme. The post-test was satisfactory, with hits ranging from 43 to 77% of the questions. The g was categorized as medium and high in most questions and the feedback showed good acceptance by the students for the methodologies used. Therefore, SEI facilitated the understanding of the dynamics of forensic genetics, minimizing the gap between theory and practice, as well as arousing a greater interest among students in relation to the study of Molecular Genetics.

Keywords: Molecular Biology, High School, Playful models, Laboratory practice.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 Competências Gerais da BNCC.....29

Figura 5.1 Percepção dos estudantes de 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) em relação à Forense e a Biologia Molecular realizada na pré-intervenção.....42

Figura 5.2 Média total da percepção dos estudantes de 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) em relação à Forense e a Biologia Molecular realizada na pré-intervenção.....44

Figura 5.3 Percentual de acertos de questões objetivas realizadas pelos estudantes de 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) em relação à Forense e a Biologia Molecular realizada na pré-intervenção.....45

Figura 5.4 Percepção dos estudantes de 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) referente aos vídeos.....51

Figura 5.5 Questionário avaliativo referente aos 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), referente aos vídeos.....53

Figura 5.6 Simulação de paternidade pesquisada pelos estudantes das três escolas estaduais de ensino Regular (A), Profissionalizante (B) e Educação de Jovens e Adultos – EJA (C) no município de Canto do Buriti (PI).....56

Figura 5.7 Cena de crime realizada pelos estudantes das três escolas estaduais de ensino Regular (A), Profissionalizante (B) e Educação de Jovens e Adultos - EJA (C) no município de Canto do Buriti (PI).....58

Figura 5.8 Extração laboratorial do DNA realizada pelos estudantes de três escolas estaduais de ensino Regular (A), Profissionalizante (B) e Educação de Jovens e Adultos – EJA (C) no município de Canto do Buriti (PI).).....61

Figura 5.9 Percepção dos estudantes de 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) em situações de paternidade/criminalística, cena do crime e extração de DNA.....63

Figura 5.10 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) em situações de paternidade/criminalística, cena do crime e extração de DNA.....64

Figura 5.11 Modelo lúdico de um Termociclador (A) e uma cuba de eletroforese (B) elaborado pelos alunos de três escolas públicas estaduais de Ensino Regular, Profissionalizante e Educação de Jovens e Adultos - EJA no município de Canto do Buriti (PI).. 67

Figura 5.12 Percepção dos estudantes de 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), envolvendo práticas lúdicas da PCR e Eletroforese.....70

Figura 5.13 Questionário avaliativo dos alunos 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.....72

Figura 5.14 Percentual de acertos no pós-teste em questões objetivas realizadas pelos estudantes de três escolas públicas estaduais de Ensino Regular, Profissionalizante e Educação de Jovens e Adultos - EJA no município de Canto do Buriti (PI) em relação à Forense e a Biologia Molecular.....74

Figura 5.15 Média percentual das respostas do feedback para cada metodologia utilizada (A), nível de satisfação (B) e contribuição das metodologias (C) pelos estudantes 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).....77

Figura 5.16 Média percentual das respostas do feedback para avaliar o nível de interesse (A) e o nível de dificuldade (B) das metodologias utilizadas pelos estudantes de três escolas públicas estaduais de Ensino Regular, Profissionalizante e Educação de Jovens e Adultos - EJA no município de Canto do Buriti (PI).....78

LISTA DE TABELAS E QUADRO

Tabela 4.1 Atividades da SEI realizada nas escolas estaduais de Ensino Regular, Profissionalizante e Educação de Jovens e Adultos - EJA no município de Canto do Buriti - PI 32

Tabela 5.1 Percentual de acertos (pré e pós-teste) e o ganho normalizado de aprendizagem (g) de três escolas públicas estaduais de Ensino Regular, Profissionalizante e Educação de Jovens e Adultos - EJA no município de Canto do Buriti (PI).....75

Quadro 5.1 Trechos transcritos da fala de alguns alunos nas discussões na classe e no WhatsApp registrados em diário de bordo.....48

Quadro 5.2 Simulação de paternidade proposta por um grupo de alunos do ensino Profissionalizante e as hipóteses levantadas pelos colegas.....57

Quadro 5.3 Respostas e falas sobre a utilização do detergente na extração do DNA.....61

Quadro 5.4 Respostas e falas dos estudantes sobre a extração do DNA.....66

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNCC - Base Nacional Comum Curricular

CEP - Comitê de Ética em Pesquisa

CSI - Crime Scene Investigation

DNTPs - Desoxirribonucleotídeos trifosfatos

EJA – Educação de Jovens e Adultos

ENEM – Exame Nacional do Ensino Médio

PCNs - Parâmetros Curriculares Nacionais

PCNEM – Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio

PCR - Reação em Polimerase de Cadeia

SEI - Sequência de Ensino Investigativa

UESPI - Universidade Estadual do Piauí

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 13

2. REFERENCIAL TEÓRICO 15

2.1 Genética Molecular e Forense 15

2.2 Práticas Pedagógicas no Ensino de Biologia Molecular e Forense 18

2.2.1 Recursos Multimídias e Teatro na Escola 19

2.2.2 Práticas Experimentais 21

2.3 Ensino por Investigação 24

OBJETIVOS 29

3.1 Objetivo Geral 29

3.2 Objetivos Específicos 29

4. METODOLOGIA 30

4.1 Amostra 30

4.2 Procedimentos 30

4.2.1 Pré-intervenção 33

4.2.2 Recursos Multimídias 34

4.2.3 Análise Forense 34

4.2.3.1 Simulação da Paternidade e Criminalística 34

4.2.3.2 Extração de DNA 35

4.2.3.3 Reação de Polimerase em Cadeia (PCR) 36

4.2.3.4 Eletroforese 36

4.2.4 Análise dos resultados 37

4.2.4.1 Análise qualitativa 37

4.2.4.2 Análise quantitativa 38

4.2.4.3 Pós-questionário 38

4.2.4.4 Comparação entre o pré e o pós-teste 39

4.2.4.5 Questionário “Feedback” 39

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO 40

5.1 Análise da Pré-intervenção 40

5.2 Recursos Multimídias 46

5.3 Simulação da Paternidade e Criminalística 53

5.4 Extração de DNA 57

5.5 Reação de Polimerase em Cadeia (PCR) e Eletroforese.....64

5.6 Pós-teste e ganho normalizado de aprendizagem (*g*).....70

5.7 Análise do “Feedback” para as metodologias propostas.....73

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS 77

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 79

8. PRODUTO 87

PRODUTO DO MESTRADO.....88

PRÉ - QUESTIONÁRIO 100

QUESTIONÁRIO AVALIATIVO 105

PÓS – TESTE 114

QUESTIONÁRIO FEEDBACK.....118

ANEXO A*.....119

1. INTRODUÇÃO

O processo de ensino-aprendizagem é objeto de desafio para os educadores de todos os níveis escolares (LIMA; BRAGA, 2016). 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 (ÁVILA MATOS, 2017). Barbosa *et al.* (2016) ressaltam que as crianças e os jovens têm acesso a recursos computacionais cada vez mais cedo, o que nos leva a repensar as práticas pedagógicas adotadas em sala de aula.

O Ensino de Biologia passou a ocupar uma posição de destaque nos últimos anos (COSTA; MARTINS, 2016), contudo a forma como esse conteúdo é apresentado pode fazer com que os alunos tenham aversão à disciplina. Nesse contexto, os professores devem escolher estratégias de ensino que permitam que o aluno exercite o pensamento e construa seu próprio saber (GOES *et al.,* 2015). O ensino deve estar cada vez mais contextualizado com o cotidiano dos alunos, e esses devem deixar de serem meros receptores de informação e conteúdo no processo de aprendizagem (CEOLIN; CHASSOT; NOGARO, 2015). De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) do Ensino Médio, a prática pedagógica deve criar condições para que o aluno desenvolva habilidades necessárias para a sua vida social e profissional (BRASIL, 2017). Os alunos devem ser estimulados a desenvolverem o pensamento crítico, bem como compreender os conceitos fundamentais da área de conhecimento estudada (CEOLIN; CHASSOT; NOGARO, 2015).

Na prática, os docentes costumam encontrar dificuldades no ensino da Biologia, relacionadas com a complexidade dos termos, conceitos e processos, bem como a deficiência dos alunos em realizar associações do conhecimento adquirido com o cotidiano (NICOLA; PANIZ, 2017). Além disso, os estudantes da etapa final da educação básica apresentam dificuldades na construção do pensamento biológico e esquecem o saber adquirido na escola (FELIPPE; SILVA, 2017). Na maioria das vezes, o ensino não tem permitido que o estudante se aproprie dos conhecimentos científicos de forma que possa compreendê-los, questioná-los e utilizá-los além do meio escolar (OLIVEIRA *et al.,* 2015).

O mundo está diante de técnicas científicas cada vez mais modernas, principalmente no que diz respeito à manipulação do DNA. Os estudantes precisam sentir-se parte desse processo, compreender que a realidade a sua volta depende desses estudos. Uma das aplicações moleculares da biologia é a genética forense, ciência que utiliza a manipulação de DNA na resolução de crimes. Por ser interdisciplinar e transversal, é bastante relevante para ser abordada em sala de aula, ao possibilitar ao estudante que o seu aprendizado se torne significativo, compreendendo o porquê do estudo da genética, e gerando afinidade do aluno com a disciplina e aproximação com a ciência (CRUZ *et al.*, 2016). Apesar de sua importância e benefícios, essa mudança nem sempre é tarefa fácil para a maioria dos professores, cuja prática educacional tem se voltado para a perspectiva tradicional.

A fim de minimizar as dificuldades e melhorar a aprendizagem dos alunos no ensino de Biologia, muitos autores defendem o uso de práticas pedagógicas que possam ir além da mera transmissão de conhecimentos e passem a estimular o raciocínio, o pensamento crítico e a interação dos estudantes para a solução dos problemas propostos, configurando assim, a promoção do ensino investigativo (BARCELOS *et al.*, 2018; CARVALHO, 2013; SASSERON, 2015).

Considerando a importância do processo investigativo no ensino de biologia com o intuito de promover a aprendizagem significativa, observa-se a necessidade de utilizar metodologias de ensino que estimulem a participação e o engajamento dos estudantes na construção do conhecimento (CARVALHO, 2018). Sendo assim, o objetivo desse estudo foi desenvolver e aplicar uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI) sobre a 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.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Genética Molecular e Forense

A Genética é um dos temas abordados pela Biologia no Ensino Médio que geralmente desperta o maior nível de dificuldade entre os alunos, requerendo uma atenção especial por parte dos docentes sobre a metodologia a ser utilizada (BRASIL, 2017). Tradicionalmente nos livros didáticos, na organização curricular e nos planos de aula dos professores, a Genética é tratada de forma superficial simplificada. Isso ocorre, por conta da dificuldade encontrada pelos professores, dos quais muitas vezes não estudaram durante sua formação acadêmica, e pelos alunos, por serem conteúdos difíceis de serem compreendidos, o que dificulta o seu aprendizado pela maioria dos alunos (PEIXE *et al*., 2017). Sobre as dificuldades encontradas pelos estudantes, Mascarenhas (2016) cita que a maioria está mais preocupada em decorar termos que compreender e associar o estudo com a vida prática, principalmente a parte molecular da Genética que requer maior abstração dos alunos para entender os fenômenos biológicos e suas aplicações.

Com os novos conhecimentos e as modernas técnicas de manipulação do DNA é preciso repensar a abordagem da Biologia Molecular, buscando novas formas de contextualizar essa temática e envolver os estudantes com questões sociocientíficas voltadas à sua realidade, ajudando a formar cidadãos que seja, conscientes e atuantes na sociedade. (NASCIMENTO; MEIRELLES, 2015).

Além disso, a abordagem da Biologia Molecular de forma contextualizada no ambiente escolar é uma estratégia para o ensino de Biologia baseado no modelo construtivista, no qual o processo educacional aproxima o cotidiano do aluno com a ciência (SANTIAGO; SANTOS, 2017).

O destaque ao ensino da Biologia Molecular e da Biotecnologia se deve às suas diversas contribuições na indústria alimentícia, farmacêutica, nos processos de reprodução assistida e aconselhamento genético (XAVIER; CAVALVANTI, 2017). Amorin (2015) defende que a Molecular é o ramo da Biologia que mais tem se desenvolvido nos últimos anos. O autor afirma que nenhuma ciência biológica ou

biomédica terá experimentado avanços nas últimas décadas como as ciências que integraram os conhecimentos e utilizam os métodos da biologia molecular.

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM) (2017, p.15):

> O desenvolvimento da Genética e da Biologia Molecular, das tecnologias de manipulação do DNA e de clonagem traz à tona aspectos éticos envolvidos na produção e aplicação do conhecimento científico e tecnológico, chamando à reflexão sobre as relações entre a ciência, a tecnologia e a sociedade.

Segundo o PCNEM (2017), o conhecimento da estrutura molecular da vida, bem como seus mecanismos de perpetuação, diferenciação, diversificação são alguns dos fundamentos essenciais para que o estudante possa ter um posicionamento criterioso das atribuições humanas no mundo contemporâneo.

Ainda analisando as orientações dos PCNEM (2017), 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. Para tal, o estudante deve ter pleno conhecimento do material genético, sua estrutura e composição, com o estabelecimento de relações com outras disciplinas. 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).

A genética molecular se destaca, nesse contexto, por favorecer a profundidade de conceitos sobre a estrutura do DNA, que se contextualizem em práticas e experimentos acessíveis devido ao avanço tecnológico, com repercussões diretas sobre o cotidiano do educando, incentivando cada vez mais que o ensino de Biologia adote essa perspectiva interativa na formação crítica de cidadãos, premissa da educação contemporânea (PEIXE *et al.,* 2017).

Santiago e Santos (2017) consideram que o aprendizado da Biologia Molecular é uma ferramenta de baixo custo e importante na divulgação da ciência e estímulo a discussões e posicionamento consciente por parte dos estudantes. Sepel (2017) afirma que as práticas da Biologia Molecular (entre outras da biologia moderna)

contribuem para a divulgação da Ciência e tecnologia (C&T) e com a alfabetização científica dos estudantes, estimulando seu interesse e participação nas atividades escolares, auxiliando na formação de cidadãos críticos e capazes de opinar e argumentar cientificamente sobre questões do seu contexto social.

Dessa forma considera-se que a contextualização do ensino da Genética com técnicas de manipulação de DNA pode ser bastante produtiva para o aprendizado escolar, como na área de estudo da genética forense, onde o aperfeiçoamento das técnicas moleculares tem permitido a identificação de pessoas e serve de apoio aos Tribunais de Justiça, a chamada genética forense (AMORIN, 2015).

A Genética forense é o ramo da Biologia Molecular que estuda amostras e vestígios biológicos para obtenção de perfis genéticos, que são apresentados na forma de laudo pericial (AMORIN, 2015). Usadas pela primeira vez em 1986 para solucionar um caso de estupro e aprimorada a partir da década de 90, essas técnicas são úteis na identificação de cadáveres, definição de laços de parentesco e vestígios de material genético de terceiros (RAMOS*;* AIRES, GÓES*;* 2018).

A 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 Essa amplificação é realizada *in vitro* utilizando regiões específicas da amostra do DNA, primers, desoxirribonucleotídeos trifosfatos (dNTPs), Taq polimerase, $MgCl_2$, tampão de PCR e um termociclador. 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 (OLIVEIRA; PEREIRA, 2014).

Sabendo que a forense aborda esses temas da biologia molecular, essa ciência pode ser bastante proveitosa no desenvolvimento de atividades interdisciplinares no

processo educacional, por se qualificar como tema transversal (CRUZ *et al.,* 2016). De acordo com os autores, estimular os estudantes a aplicar os fundamentos científicos para solucionar crimes fictícios faz com que esse conhecimento se torne significativo, a partir do momento em que a disciplina possui uma aplicação social. Além disso, a forense tem demonstrado ser um frutífero campo com potencial pedagógico, apontando forte ligação afetiva dos estudantes em relação à perícia criminal (SOUZA; SILVA; MELLO BARROS, 2018).

2.2 Práticas Pedagógicas no Ensino de Biologia Molecular e Forense

A utilização de práticas no ensino não é algo novo, a própria LDB (Lei de Diretrizes e Bases da Educação) de 1996 traz como finalidade do Ensino Médio “a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina” (BRASIL, 1996), orientando dessa forma a interligação da teoria com a prática. As Diretrizes Curriculares Nacionais (2017) também recomendam o uso do laboratório na realização de experimentos e destacam que essa prática é importante no processo de construção de uma aprendizagem efetiva.

Pela teoria de Piaget (1975), as experiências vivenciadas pelos sujeitos são fundamentais para que se possa construir estruturas cognitivas e construir novos conhecimentos. Berleze e Andrade (2013) defendem que 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. Carvalho e Peixe (2010) afirmam que as práticas além de facilitarem a aprendizagem, estimulam o desenvolvimento do pensamento crítico e científico e são mais “duráveis”, tornando o aprendizado mais eficiente.

O uso de práticas pedagógicas também é defendido por Oliveira *et al.* (2015). Segundo esses autores, o saber gerado pela ciência deve ser convertido para a linguagem escolar. Dessa forma, a ciência é o meio mais eficiente de gerar conhecimentos significativos, ao invés de apenas transmiti-los a fim de serem memorizados e aproximar o aluno da ciência, sendo essa, compreensível para os estudantes.

A abordagem de temas atuais, como a Biologia molecular e a genética forense, tem se mostrado eficiente na aprendizagem de conceitos de biologia pelos alunos do Ensino Médio (PEIXE, 2017). No entanto, Mascarenhas (2016) ressalta que os 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, o que dificulta as associações com o cotidiano dos alunos.

Essa abstração pode ser superada com a utilização de recursos diferenciados como o uso de maquetes; recursos multimídias (exibição de vídeos); práticas laboratoriais; simulação de métodos de experimentação científica; excursões; projetos e peças teatrais; situações problemas e consequente discussão de soluções pelos alunos têm se mostrado bastante eficiente na melhora da aprendizagem em Biologia (OLIVEIRA *et al*., 2019; MEIRA, 2015).

2.2.1 Recursos Multimídias e Teatro na Escola

Os recursos multimídias (vídeos) são importantes como estratégia de ensino (VILAS BÔAS; JÚNIOR; SOUZA MOREIRA, 2018), podendo ser um meio de preencher lacunas no aprendizado, facilitando a maior compreensão de eventos que são mais abstratos aos alunos e/ou mais distantes da realidade dos mesmos (BORBA; OECHSLER, 2018). De acordo com Sudério *et al.* (2014), o uso de tecnologias para visualização de imagens e vídeos durante as aulas de Biologia pode auxiliar o aluno na compreensão de conceitos e fenômenos.

Amorin (2015) afirma que os estudantes se sentem motivados com a utilização de recursos audiovisuais, tomando-se positivos enquanto recurso didático pedagógico no ambiente escolar. De acordo com Vilas Bôas, Júnior e Souza Moreira (2018) para os estudantes, assistir, pesquisar e compartilhar vídeos, não são vistos como uma aula, mas como forma de entretenimento. Contudo, Camargo (2015) evidencia que é preciso ter um olhar pedagógico e sistemático ao escolher um vídeo para ser utilizado durante a aula, observando se esse condiz com os objetivos propostos para determinado conteúdo. A habilidade do professor surge nessa hora de auxiliar os estudantes na seleção do material a ser utilizado (VILAS BÔAS*;* JÚNIOR; SOUZA MOREIRA, 2018). Dessa forma, o estudante se posiciona como um aprendiz

naturalista e aventureiro, aberto a pensar, questionar e, sobretudo, querer saber mais tornando o contexto pedagógico mais acessível.

A maioria dos jovens passa muito tempo em frente à televisão, computador, celular e tablet, seja em casa, na escola ou em locais públicos (FANTIM, 2018). É preciso tirar proveito desse cenário na busca dos objetivos educacionais. A linguagem audiovisual consegue alcançar além do que é captado através de imagens básicas, concedendo, dessa forma, outra possibilidade para a leitura de mundo, provocando diferentes emoções e sensações, auxiliando o desenvolvimento dos processos cognitivos e aquisição de conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais dos estudantes (MASCARENHAS *et al.*, 2016; GÜNZEL *et al.*, 2019).

A utilização de recursos multimídias vai além da exposição de vídeos didáticos, sobre determinada temática. A televisão e a internet têm incalculáveis produções que podem ser interligadas com o propósito educacional, como por exemplo, as séries e filmes policiais. Günzel *et al.* (2019) citam que o uso de filmes e séries fornecem subsídios para debate e reflexão, abrindo oportunidade para o posicionamento crítico do estudante. De acordo com os autores, ao explorar essa ferramenta, o professor propicia aos estudantes novas formas de refletir sobre o meio que o cerca e sobre o processo educacional. De acordo com os autores, os filmes possuem uma linguagem mais informal e próxima do contexto dos adolescentes.

A narrativa policial surgiu na televisão na década de 1950 de acordo com Furuzawa (2014) e seu sucesso foi tão grande que se tornou referência para toda produção televisiva da época, sendo expandida e popularizada ano após ano, agregando um número cada vez maior de adeptos, em todas as faixas etárias a partir da adolescência. Além dos livros, essa narrativa se apresenta na forma de filmes e séries e está disponível na TV aberta, canais por assinatura, internet e nos sites de série online, onde também é possível assistir gratuitamente, tendo se tornado uma verdadeira “febre”, especialmente entre os jovens (FURUZAWA, 2014).

Assim, utilizar o interesse dos alunos por filmes e séries policiais contribui para ampliar as discussões acerca dos fenômenos envolvidos na manipulação do DNA e sobre as representações que a mídia traz dessa ciência, respeitando o olhar crítico e reflexivo sobre o que assistem (GÜNZEL *et al.*, 2019).

O teatro, por sua vez, é uma ação artística que demanda estímulos e recursos, como a criatividade e o envolvimento de atores que recriam fatos do mundo real e/ou fictícios (OLIVEIRA *et al.*, 2019). Segundo estes autores, o processo de criação artística é semelhante à criação cientifica, e que se esses forem trabalhados dentro de um contexto, é possível alcançar o objetivo comum de ensino-aprendizagem. Dessa forma, a criatividade é capaz de gerar frutos produtivos e significativos e aproximar os estudantes da ciência.

Felippe e Silva (2017) também apoiam as contribuições do teatro científico como uma valiosa ferramenta que contribui com o desenvolvimento e com a aprendizagem dos estudantes, auxiliando na humanização da ciência. A integração da ciência com a arte e a educação no ambiente escolar contribui para a construção do conhecimento pelo próprio aluno, sujeito ativo no processo, favorecendo, dessa forma uma aprendizagem duradoura (OLIVEIRA *et al*., 2019).

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 espontâneo. 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. A autora ainda cita que o teatro favorece a geração de um ambiente alegre, interativo e lúdico, favorável à aprendizagem e o trabalho em cooperação.

2.2.2 Práticas Experimentais

As práticas experimentais são atividades educativas em que o estudante manipula o material e/ou fenômeno a ser investigado (ANDRADE; MASSABNI, 2011). Essa abordagem experimental permite a visualização do “mundo” que não seria visível a olho nu, e através das aulas os estudantes têm a oportunidade de interagir por meio da montagem e manipulação de instrumentos. Martins *et al.* (2019) defendem que a utilização de laboratórios de ciências proporciona uma abordagem diferenciada dos fatos estudados, facilitando a associação entre teoria e prática.

A experimentação proporciona ao estudante a oportunidade de exercitar a mente, o estimula a descobrir fenômenos com os recursos disponíveis (MARTINS; DA

SILVA; SANTOS*,* 2019), permitindo aprender a manipular instrumentos e materiais específicos de laboratório, assim como um cientista. Dessa forma, as práticas laboratoriais auxiliam no processo de aprendizagem, despertando o interesse dos alunos, gerando discussões e melhor aproveitamento nas aulas, sendo um dos métodos mais relevantes a ser adotado nas aulas (MEIRA, 2015).

Uma das grandes dificuldades na compreensão da genética forense pelos alunos refere-se ao grau de abstração de como as ferramentas moleculares são utilizadas (SOUZA; SILVA; MELLO BARROS, 2018). Uma forma de tornar a aprendizagem mais eficiente é o uso de aulas práticas (lúdicas e/ou em laboratórios), pois permite que os alunos tenham contato direto com as metodologias e equipamentos dessa técnica. Os educandos têm ainda a oportunidade de se deparar com resultados, nem sempre previstos, instigando sua imaginação e raciocínio, despertando um forte interesse nesses alunos (SANTIAGO; SANTOS, 2015).

Apesar da maior dificuldade em encontrar recursos, as aulas práticas (lúdicas e/ou em laboratórios) possuem papel ainda mais relevante no processo de ensino aprendizagem da genética (WEBER, 2017). Mascarenhas *et al.* (2016) cita que quando o professor utiliza apenas os recursos audiovisuais de forma tradicional, tais como quadro e projetor, o aluno necessita de demasiado poder imaginativo para entender o significado do conteúdo que lhe é apresentado.

Para Peixe *et al*. (2017), no laboratório o aluno é capaz de desenvolver diversas competências e otimizar o aprendizado. A prática tira o aluno da cadeira, onde ele apenas recebia informações e o coloca no centro da produção, construindo dessa forma seu próprio conhecimento. Para os PCNEM (2017), a apresentação dos conteúdos deve estar ligada ao constante desenvolvimento tecnológico, científico e ao cotidiano do aluno, proporcionando assim um aprendizado útil à vida e ao trabalho.

Sepel (2017) considera que a realização de atividades como extração de ácidos nucleicos aproxima a sala de aula do conhecimento. De acordo com a autora, nesses momentos há uma transposição didática de conhecimentos complexos e especializados sobre a biologia molecular para uma linguagem acessível e condizente com a realidade do estudante, além de despertar seu interesse. Contudo, convém lembrar que nem sempre é possível a realização de práticas em sala de aula, devido à dificuldade material e financeira. Essa realidade pode ser contornada com o uso de simulações lúdicas de experiências, utilizando materiais acessíveis e de baixo custo.

A extração de ácidos nucleicos pode ser realizada utilizando produtos de uso doméstico. Em laboratório, ou mesmo na própria sala de aula, é possível simular técnicas moleculares com materiais mais acessíveis e equipamentos de custo reduzido e fácil manuseio, o que facilita o processo de aprendizagem pela aplicação da teoria a uma situação real, auxiliando os alunos a realizarem associações (SEPEL, 2017). Os métodos experimentais também podem ser baseados em simulação e são chamados *in sílico* de acordo com Gomes *et al.* (2017). Os autores consideram que é um experimento utilizado desde a biologia até a astronomia, sendo muito útil na aprendizagem dos alunos e utilizando os mais diversos recursos, inclusive computacionais.

Ávila Matos (2017) aponta que na ausência de material e laboratórios específicos, é possível criar e montar experimentos alternativos que promovam a interação dos conteúdos conceituais apresentados em aula com a visualização na prática. Essa ação proporciona uma maior compreensão desses conteúdos, melhorando assim, o interesse dos alunos e o desenvolvimento de competências. Esse tipo de simulação engloba qualquer tipo de material, recicláveis e de baixo custo, como caixas de papelão e plástico, tampas, cartolina, pincéis, cola, tesoura, revistas, utensílios e insumos de cozinha, enfim, uma incontável variedade de materiais (RAMOS; AIRES. GÓES, 2018).

Desenvolver práticas pedagógicas diferenciadas tem se mostrado muito relevante no processo de aprendizagem. Contudo é preciso ressaltar que toda prática deve ser bem planejada, e os resultados devem ser 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 (MEIRA, 2015; SASSERON, 2015).

Mesmo como um agente facilitador do entendimento de conceitos por parte dos alunos, vale enfatizar que um conhecimento que já chega pronto aos educandos, geralmente é absorvido de modo passivo e gera poucas discussões por parte dos alunos (CEOLIN; CHASSOT; NOGARO, 2015). Certas práticas convencionais podem ser mal aproveitadas e conduzir ao aprendizado superficial, onde os educandos apenas observam as ilustrações do professor.

Dessa forma, o aluno tende a perder o interesse pelas aulas de Biologia se não forem atrativas e não os motivarem a buscar e construir seu próprio conhecimento (NICOLA; PAINZ, 2017). Bonisson, Ferreira e Menolli Júnior (2019) conceituam como Laboratório tradicional ou modelo verificacionista da Ciência que se caracterizam pela realização de atividades experimentais com resultados previamente determinados e envolvendo apenas a observação dos estudantes.

Para um bom ensino é necessário o contato dos alunos com situações didáticas que os levem a expor suas concepções e construírem explicações a partir de dados obtidos experimentalmente (COSTA; MARTINS, 2016). Nesse contexto, a aula prática deve possuir um caráter investigativo, na qual 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, e finalmente fazendo associações com conceitos científicos e assim permitindo que o aluno construa seu próprio conhecimento, sendo percebido como indivíduo investigativo, autônomo, crítico e reflexivo sobre suas respectivas ações (CARVALHO, 2013; CEOLIN; CHASSOT; NOGARO, 2015; OLIVEIRA, 2016).

2.3 Ensino por Investigação

O ensino por investigação inicia com o surgimento das ideias pedagógico-científicas de John Dewey no século XIX (BONISSON; FERREIRA, MENOLLI JÚNIOR, 2019). Segundo os autores, a proposta de Dewey envolvia do estudante a percepção de situações complexas, identificação do problema, formulação e teste de hipóteses, chegando finalmente à uma solução. Na época, essa proposta não foi abraçada, porém seu nome é associado até hoje à aprendizagem por projetos e por resolução de problemas (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011).

A perspectiva investigativa retornou aos discursos pedagógicos no século XX, porém de acordo com Zômpero e Laburú (2011), o método tinha algumas falhas e por isso recebeu muitas críticas: na primeira metade do século XX, era “visto como um modo de desenvolver habilidades necessárias para resolver problemas de relevância social, ao invés de apenas desenvolver nos alunos habilidades de raciocínio” (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011, p.71). Para os críticos, essa ênfase a questões sociais estava atrapalhando o desenvolvimento intelectual do estudante. A partir da década

de 1950, com o lançamento do satélite Sputinik pelos russos, houve uma grande preocupação nos Estados Unidos com a educação científica, que garantiria a segurança dos americanos (BARCELOS *et al.,* 2019). Esse modelo pedagógico – científico, onde a preocupação não era o aluno, mas sim a nação americana também foi bastante criticada na época.

Nesse cenário, as ideais construtivistas começaram a ganhar força no mundo, inclusive no Brasil na década de 1960, mediante as revoluções educacionais propostas por muitos educadores como Paulo Freire e com a ascensão do cognitivismo (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011). De acordo com os autores, durante as atividades investigativas, os estudantes pesquisariam problemas sociais como o aquecimento global, a poluição, dentre outros, buscando a cognição dos conteúdos, valores culturais, tomada de decisões referentes ao cotidiano e à resolução de problemas, e dessa forma aprenderiam o conteúdo proposto de forma contextualizada.

A proposta investigativa ainda sofreu algumas mudanças, sendo bastante fortalecida pelas questões ambientais a partir dos anos 80, com a publicação do documento estadunidense "*Science For All American"*, onde os autores orientavam a natureza investigativa científica para o Ensino de Ciências e os estudantes deveriam observar, anotar, manipular, descrever, fazer perguntas e através desses procedimentos, tentar encontrar respostas para as perguntas (BARCELOS *et al.*, 2019).

Nos dias atuais, diversos autores tentam conceituar o ensino por investigação. Apesar de algumas particularidades, é consenso de todos que essa proposta se baseia no levantamento inicial de uma problemática, que ao ser resolvido pelo estudante, vai desenvolvendo habilidades e competências, forjando argumentos e construindo seu conhecimento durante o processo (BARCELOS *et al*., 2019). Segundo os PCNEM (2017), para a promoção do aprendizado ativo, especialmente em Biologia, é relevante que os conteúdos estejam veiculados com problemas a serem resolvidos pelos estudantes com o auxílio do professor.

Sasseron (2015, p. 58) relata que o ensino por investigação:

> "Caracteriza-se por ser uma forma de trabalho que o professor utiliza na intenção de fazer com que a turma se engaje com as discussões e, ao mesmo tempo em que travam contato com fenômenos naturais, pela busca de

> resolução de um problema, exercitam práticas e raciocínios de comparação, análise e avaliação bastante utilizadas na prática científica."

A partir desse olhar do ensino por investigação para a problematização e para a curiosidade do aluno (FREIRE, 2011) retira-se o foco das práticas experimentais e abre-se um leque muito maior de opções e habilidades e competências que podem ser estimuladas (BONISSON; FERREIRA, MENOLLI JÚNIOR, 2019). Assim, a abordagem investigativa possibilita ao estudante solucionar problemas e estabelecer relações causais para explicar o fenômeno estudado (SASSERON, 2015).

A postura investigativa auxilia o educando a produzir seu próprio conhecimento. Nesse método, o professor ao invés de entregar o conteúdo e as práticas prontas ele instiga seus alunos através de determinada situação-problema e os orienta na busca de resoluções, nas discussões e pôr fim a obter suas próprias conclusões e argumentar a respeito daquele fenômeno (ARAÚJO; BIZZO, 2015). Segundo esses autores, no método investigativo 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.

O ensino por investigação utilizado como estratégia metodológica a participação ativa dos estudantes em sala de aula (MONTIJA *et al.*, 2019). De acordo com as autoras essa perspectiva aliada à genética forense leva os estudantes a pensar, discutir, justificar, forjar argumentos, aplicar conhecimento, e assim, participar de sua própria aprendizagem, além de sentir os efeitos disso na sua autoestima, despertando não só a sua curiosidade, como também a compreensão da importância da ciência e da tecnologia nas questões forenses.

Carvalho (2013) 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 detém e a construção de uma explicação (SASSERON, 2015). Além disso, Souza Júnior (2014) cita que a aprendizagem investigativa engloba os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais. O autor explica que esses conteúdos se referem ao que os estudantes "sabem fazer", nomes, princípios, enunciados e teoremas; "fazem", se

calculam, interpretam, montam, associam, executam; e o que eles “são”, se cooperam, toleram e respeitam.

A perspectiva investigativa também é observada nas recomendações das dez competências gerais da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para o Ensino Médio (2017) (**Figura 2.1**), onde cita-se que o estudante deve desenvolver, entre outras: o conhecimento (1), entender e explicar a realidade na qual está inserido; o pensamento científico, crítico e criativo (2), para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas; a comunicação (4), se expressando e compartilhando informações; a cultura digital (5), o saber utilizar os meios de comunicação a seu favor; a argumentação (7), capacidade de se posicionar criticamente frente a determinada situação; a empatia e a cooperação (9) capacidade de trabalhar em grupo auxiliando-se mutuamente.

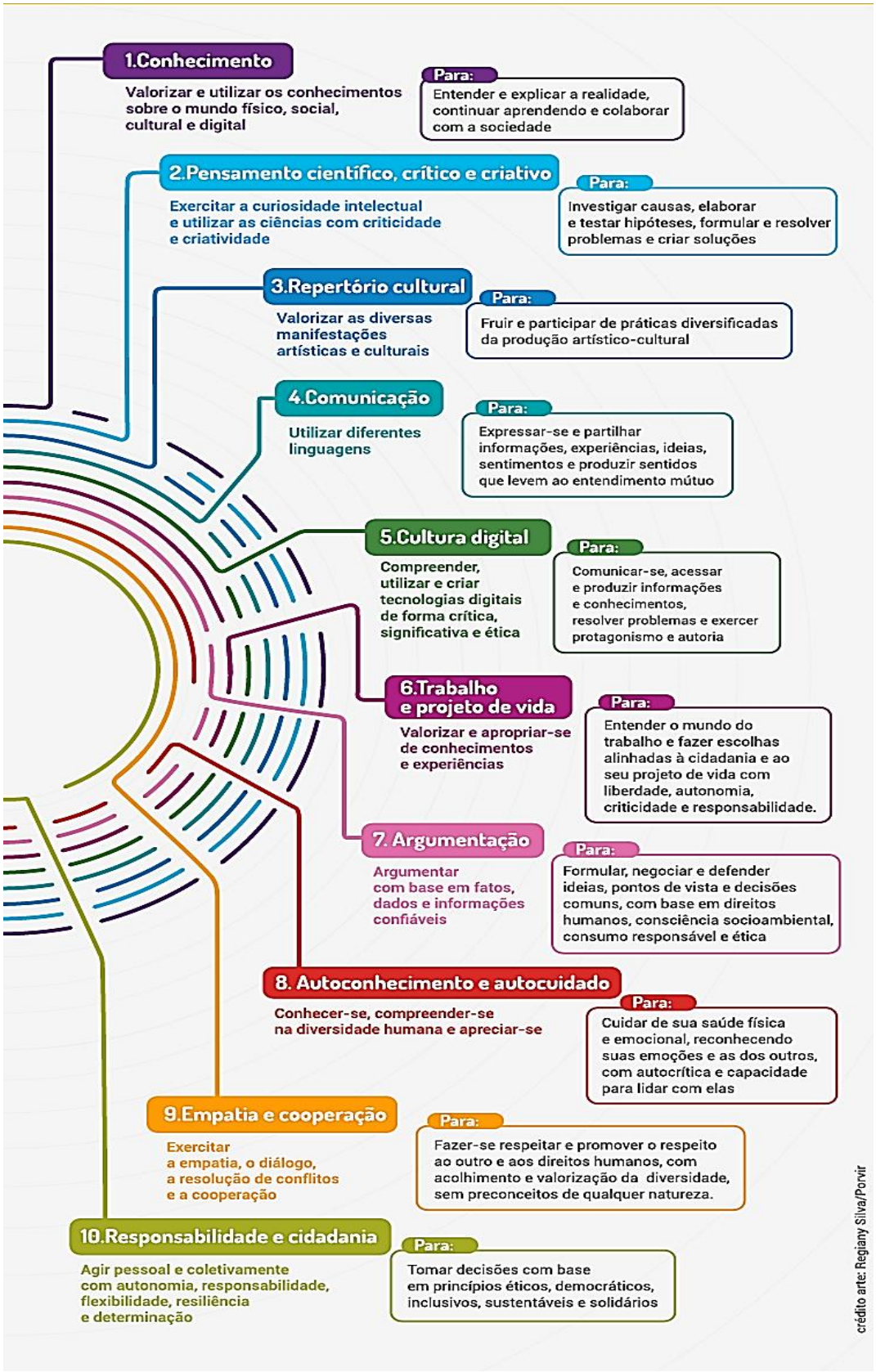
O documento ainda orienta que entre as competências específicas para as ciências da natureza está.

> Analisar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) (BRASIL, 2017 p. 539)

Souza Júnior (2014) relembra ainda que uma nova perspectiva educacional, pede uma nova postura no professor, que assume um papel de facilitador do processo ensino aprendizagem, estabelecendo uma relação de mediador, bem como o aluno que deve construir seu próprio conhecimento, deixando de ser apenas receptor de informações e conhecimento. O autor afirma que o papel do professor corresponde ao de um pesquisador mais experiente que orienta os iniciantes na jornada rumo ao conhecimento.

Sendo assim, as aulas de Genética, nesse cenário, devem fomentar situações em que o estudante deixe de reproduzir e passe a criar. Ele deve ter espaço para discutir, elaborar e construir em grupo seu próprio conhecimento, forjando e explicando seus argumentos, chegando finalmente ao conhecimento, que não será mais adquirido pelo estudante, mas sim, construído e dessa maneira, consolidado e duradouro.

Figura 2.1 Competências Gerais da BNCC



Fonte: (BRASIL, 2017)

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Desenvolver e aplicar uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI) sobre a genética forense, com modelos lúdicos e uma prática da biologia molecular como elementos de integração de situações reais encontradas na sociedade e no cotidiano dos estudantes.

3.2 Objetivos Específicos

3.2.1 Analisar a percepção e o conhecimento prévio dos estudantes sobre as ferramentas moleculares utilizadas na genética forense;

3.2.2 Utilizar recursos multimídias sobre as técnicas moleculares, visando contextualizar o conteúdo a ser abordado antes, durante e após as aulas;

3.2.3 Estimular os estudantes a investigar situações-problemas que utilizam as ferramentas moleculares na forense;

3.2.4 Verificar a reflexão e o grau de entendimento dos estudantes em relação às problematizações criadas.

3.2.5 Avaliar os conhecimentos fixados, o ganho de aprendizagem e o feedback dos estudantes em relação a SEI.

4. METODOLOGIA

4.1 Amostra

A pesquisa é de natureza qualiquantitativa e de caráter interventiva. O público alvo da pesquisa foi 70 alunos de três turmas do 3° ano do Ensino Médio da rede pública estadual do município de Canto do Buriti (PI), sendo a primeira escola 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. O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Estadual do Piauí (UESPI) sob o parecer 3.196.797 (Anexo A).

A aplicação de cada uma das etapas desta pesquisa ocorreu durante os meses de abril, maio e junho de 2019 na escola de Ensino Regular; agosto, setembro e outubro de 2019 no Ensino Profissionalizante e fevereiro e março de 2020 na EJA, sendo 2 h/a (50 minutos cada) para cada encontro no contraturno nas duas primeiras escolas e 3 h/a no horário regular na EJA.

4.2 Procedimentos

A SEI foi organizada em três atividades com sete aulas (**Tabela 4.1**). Cada etapa foi conduzida para que os alunos de cada escola chegassem à resolução das questões-problemas elencadas a partir do desenvolvimento de competências e habilidades no contexto educacional. Em todos os momentos, a professora dialogava com os alunos sobre o objetivo de cada etapa de forma a estimular a discussão entre os mesmos.

Tabela 4.1 Atividades da SEI realizada nas escolas estaduais de Ensino Regular, Profissionalizante e Educação de Jovens e Adultos - EJA no município de Canto do Buriti - PI

Atividades	Número da aula/carga horária	Objetivos	Estratégias
- Pré-intervenção	1 (1 h/a)	- Formular a problematização principal com os alunos.	- Aplicar o pré-teste; - Contextualização do tema da SEI; - Questionamento sobre as ferramentas moleculares utilizadas na forense; - Indagação sobre a importância da genética forense no cotidiano dos alunos. - Hipóteses, reflexões e questionamentos dos alunos sobre as questões propostas; - Observação de conhecimentos prévios e análise do interesse da turma pela temática; - Análise qualitativa.
- Recursos Multimídias	2 (2 h/a)	- Pesquisar vídeos no YouTube sobre a estrutura, replicação e extração do DNA; microssatélites; Reação de Polimerase em Cadeia (PCR); eletroforese e Genética Forense.	- Temas pesquisados pelos alunos sobre o DNA e aplicações da Forense com uma semana de atividade prévia de pesquisa; - Pesquisas e compartilhamento de vídeos do YouTube. - Criar um WhatsApp" ("Aluno-perito") para facilitar a comunicação entre os alunos/professora; - Contextualizar e discutir os vídeos apresentados pelos alunos durante as aulas; - Aula dialogada; - Resolução de questões. - Análise qualitativa e quantitativa

- Análise forense	3 (2 h/a)	Averiguar situações de Paternidade.	- Situação-problema e Levantamento de hipóteses; - Uso do WhatsApp para interações discursivas entre os estudantes sobre a pesquisa das simulações de paternidade e solução de dúvidas. - Aula dialogada; - Resoluções de questões; - Análise qualitativa e quantitativa
	4 (2 h/a)	Averiguar situações de Criminalística	- Situação-problema e Levantamento de hipóteses; - Montagem de uma cena de crime; - Análise forense; - Uso do WhatsApp para planejamento da cena do crime, divisão de tarefas, solução de dúvidas, críticas e sugestões; - Aula dialogada; - Resoluções de questões; - Análise qualitativa e quantitativa
	5 (2 h/a)	Compreender cada etapa e a função de cada reagente na extração do DNA.	- Situação-problema e Levantamento de hipóteses; - Extração do DNA de fruta (banana); - Uso do WhatsApp para estímulo às interações discursivas e levantamento de hipóteses sobre os reagentes utilizados na prática; - Aula dialogada; - Resoluções de questões; - Análise qualitativa e quantitativa
	6 (2 h/a)	Verificar as principais etapas da técnica da PCR e suas aplicações.	- Situação-problema e Levantamento de hipóteses; - Construção de um termociclador artesanal; - Uso do WhatsApp para auxílio aos estudantes na confecção do

			termociclador e nos materiais a serem utilizados; - Aula dialogada; - Resoluções de questões; - Análise qualitativa e quantitativa
	7 (2 h/a)	Entender como ocorre a migração do DNA na eletroforese.	- Situação-problema e Levantamento de hipóteses; - Construção de uma cuba de eletroforese artesanal; - Uso de géis de eletroforese simulados para interpretação; - Uso do WhatsApp para verificar as reações dos estudantes sobre a aplicação da SEI; - Aula dialogada; - Resoluções de questões; - Análise qualitativa e quantitativa

Fonte: A autora

As etapas da SEI abordaram as seguintes estratégias: pré-intervenção; recursos multimídias (YouTube e WhatsApp); análise forense (simulação da Paternidade e criminalística; cena de um crime; extração de DNA; Reação de Polimerase em Cadeia e Eletroforese) e análise qualitativa e quantitativa dos dados. Após a SEI, foi realizado o pós-questionário, análise comparativa entre o pré e o pós-teste e um questionário feedback. Todas as etapas foram descritas a seguir.

4.2.1 Pré-intervenção

Na pré-intervenção foi aplicado um pré-teste (Apêndice B) composto por 21 questões fechadas, estruturadas, envolvendo o grau de interesse e conhecimento básico dos estudantes sobre as técnicas moleculares utilizadas na forense durante 30 minutos. Em cada questão, o aluno (a) tinha as opções: Não, nunca ouvi falar; Já ouvi, mas não sei explicar; Sim, um pouco; Sim, mais ou menos e Sim, muito. Para facilitar a análise percentual, cada opção foi associada a um escore de 0 a 5, respectivamente.

Após a aplicação do pré-questionário, a problematização principal com os alunos foi levantada com as seguintes questões: Como é possível a identificação de

pessoas pelo DNA? Que ferramentas moleculares são utilizadas neste processo? Qual a importância e aonde a genética forense pode ser aplicada? A professora estimulou os alunos a levantarem hipóteses, reflexões e questionamentos, iniciando um momento de discussão no intuito de observar os conhecimentos prévios e o interesse da turma durante 20 min.

4.2.2 Recursos Multimídias

Os alunos foram divididos em seis grupos para que cada grupo pesquisasse vídeos no YouTube durante uma semana sobre a estrutura (grupo 1), replicação (grupo 2) e 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.

Cada turma criou um grupo de WhatsApp (**"Aluno-perito"**) para facilitar a comunicação entre os alunos/professora e três colegas da classe foram escolhidos como os responsáveis pela manutenção do WhatsApp. Cada grupo enviou os vídeos à professora, que selecionou os mais didáticos para que fossem enviados aos outros alunos. O WhatsApp também foi utilizado pela professora para verificar as principais reações dos alunos mediante a realização das aulas lúdicas e da prática.

Na aula presencial, cada grupo apresentou e explicou a importância do vídeo aos demais estudantes. Ao final de cada apresentação, a professora realizou uma aula dialogada, estimulando questionamentos e reflexões entre os estudantes para verificar se eles compreenderam os conceitos e técnicas nos vídeos. Em seguida, os alunos citaram situações hipotéticas que poderiam ser investigadas com as técnicas na análise forense, com exemplos do cotidiano dos mesmos.

4.2.3 Análise Forense

4.2.3.1 Simulação da Paternidade e Criminalística

Para a realização dessa atividade, a professora levantou o seguinte problema: Como o grau de parentesco entre pessoas pode ser determinado? Para tentar resolver este problema, os alunos analisaram e discutiram seis diferentes simulações (uma por

grupo) envolvendo a questão da paternidade durante 10 min., evidenciando os microssatélites que correspondem à mãe, o filho e o suposto pai. Em seguida, cada grupo questionou aos colegas a verificarem quem é o suposto pai da criança. Neste momento, a professora avaliou qual a estratégia que cada grupo utilizou e quais as hipóteses e questionamentos dos alunos.

No final da aula, as interações discursivas fizeram surgir o seguinte questionamento: Existem crimes perfeitos? Para tentar resolver este problema, os alunos discutiram a hipótese de construir a cena de um crime. Para esse momento, eles tiveram uma semana para elaborar como seria a cena e verificar como a perícia atua nestas situações. Durante essa semana, a professora os auxiliou e tirou as dúvidas pelo “WhatsApp” da turma ou presencial quando houve necessidade.

Os alunos dividiram-se em seis grupos, onde cada grupo ficou responsável em delimitar a função específica dos mesmos para investigar e resolver o caso. No dia da aula em cada turma, montaram a cena do crime na própria sala de aula utilizando materiais simples e de baixo custo, como fita, cola, molho de tomate (simular o sangue), caneta hidrocor, etc. Durante a aula, cada grupo com a sua função pré-definida conduziu o processo de investigação da cena do crime, evidenciando as provas, a coleta do material e outros pontos importantes para a resolução do crime. Enquanto isso, a professora dialogava com os alunos sobre o objetivo de cada etapa realizada de forma a estimular a discussão entre os mesmos.

4.2.3.2 Extração de DNA

Depois que o material biológico do suspeito da cena do crime foi coletado, surgiu entre os alunos a seguinte questão: Como é realizada a extração do DNA em laboratório?

A professora realizou a prática em laboratório com os alunos (seis grupos com 3 a 5 alunos) segundo a metodologia de Yamazaki *et al.* (2017) com adaptações. O material a ser utilizado foi a banana por sua facilidade de aquisição e menor custo. Cada grupo de alunos recebeu todo material necessário (banana, água filtrada, sal de cozinha, detergente, álcool etílico, copos de vidro, peneira, colher, coador e palito de churrasco e banho-maria). Os alunos deram início à prática, macerando a fruta para formar uma pasta e acrescentando a solução de água, sal e detergente. Em seguida

colocaram em banho-maria por 60°C por 15 min.; coaram a mistura; adicionaram álcool gelado lentamente ao líquido coado e com o palito realizaram movimentos para visualizar o material genético que foi visualizado como um chumaço de algodão. Todos os grupos realizaram a prática de forma participativa sob a supervisão da professora e de um técnico de laboratório.

4.2.3.3 Reação de Polimerase em Cadeia (PCR)

Nessa etapa, os estudantes foram instigados com as seguintes perguntas: Será que o DNA extraído é suficiente para análise forense? Para solucionar a problemática, a professora deu uma pista, pois pediu aos mesmos que fizessem um termociclador de forma artesanal segundo adaptação do método de Ramos; Aires e Góes (2018). O protótipo foi construído utilizando uma caixa de plástico de 12 x 8,0 x 4,0 cm aproximadamente. Sobre essa caixa os alunos confeccionaram uma tampa de papelão, com o encaixe para 12 tubos eppendorfs, assim como fizeram os botões e lâmpadas, utilizando cartolina de cores diferentes. No dia da aula, cada grupo montou o seu protótipo de termociclador e a professora levou peças lúdicas criadas por ela mesma com massa de modelar para demostrar os componentes que compõem a PCR. Os alunos foram divididos em seis grupos para que os mesmos pudessem montar as peças para o funcionamento da PCR.

4.2.3.4 Eletroforese

No mesmo dia, a professora levantou outra dúvida aos alunos: Como esse DNA que já passou por tantos processos pode ser analisado e separado? A professora iniciou uma discussão com os grupos que levantaram hipóteses e sugestões sobre como resolver essa questão. A professora preparou uma prática lúdica para mostrar a migração do DNA na cuba de eletroforese, que permitiu a separação das regiões do DNA amplificadas pela PCR para verificar o número de repetições dos microssatélites dos indivíduos analisados.

A prática foi realizada mediante adaptação do protocolo de Pinhati (2015). De acordo com o protocolo sugerido, foi utilizado 1 pote de plástico (24,0 x 16,0 x 3,5 cm), 1 manteigueira (17,0 x 9,0 x 2,0 cm), 2 fios de cobre (6,0 cm), 2 fios de aço (14 cm), 1 pente, cola epóxi, fonte, 2 presilhas tipo jacaré, para criação da caixa com corrente

elétrica; gelatina, preparada conforme as instruções da caixa. Os fios de cobre e aço foram usados para a formação de eletrodos. As presilhas tipo jacaré foram presas ao fio de cobre, criando um polo negativo e um polo positivo. O pente de hastes foi usado para moldar a gelatina e marcar onde foi inserido o DNA extraído, devendo esse ser colocado no polo negativo. Ressalta-se que a professora teve o auxílio dos alunos na montagem da cuba de eletroforese, voltando a situação - problema inicial, além de questionamentos sobre a função de cada material utilizado.

Em seguida, foram apresentados aos alunos seis géis de eletroforese (um para cada grupo) para que eles verificassem pelo padrão de bandas, questões referentes à paternidade e a criminalística. No final, cada grupo explicou como eles chegaram as suas conclusões.

Durante todas as atividades lúdicas e prática realizadas, os comentários, questionamentos, e discussões dos alunos foram anotados em um *diário de bordo* com o intuito de registrar suas principais reações mediante a realização das aulas que podem vir a contribuir com as posteriores discussões acerca da utilização de experimentação para o ensino-aprendizagem de biologia.

4.2.4 Análise dos resultados

4.2.4.1 Análise qualitativa

Para análise qualitativa dos resultados, o foco utilizado foram as interações discursivas entre os estudantes em sala de aula e no WhatsApp, buscando analisar o desenvolvimento de competências atitudinais (posicionamento crítico e investigativo perante à situação-problema; trabalhar em grupo de forma colaborativa; buscar o diálogo entre os estudantes respeitando as diferenças) e procedimentais (estruturar ideias por meio de desenho, linguagem escrita e/ou, compreensão e organização conceitual da informação; interpretar ideias estruturadas e executar procedimentos; elaborar e testar hipóteses) de acordo com SOUZA Jr. (2014).

4.2.4.2 Análise quantitativa

Ao final de cada etapa, os alunos 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) (Apêndice C). Em cada questão, o aluno (a) tinha as opções: Não sei; Lembro vagamente/prefiro não opinar e Lembro bem – se você marcar essa alternativa, escreva sua resposta. Para facilitar a análise percentual, cada opção foi associada a um escore 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), Viega-Neto (2002) e Carneiro e Silva (2007). As respostas foram agrupadas nas seguintes classes: **Classe 0** = Sem resposta – Resposta do tipo não sei, erradas ou em branco; **Classe 1** = Resposta pobre/Sem informação – Respostas que não indicam compreensão do aluno sobre o tema; **Classe 2** = Resposta fraca/Racionalidade e 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 (discussões além do que foi questionado).

4.2.4.3 Pós-questionário

Após todas as atividades, os estudantes realizaram um pós-teste (Apêndice D) com 12 questões fechadas semiestruturadas sobre as técnicas e mecanismos moleculares utilizados na forense, no intuito de verificar o aprendizado dos educandos.

4.2.4.4 Comparação entre o pré e o pós-teste

A análise entre o pré e o pós-teste foi realizada pela avaliação do ganho normalizado de aprendizagem (*g*), a partir da equação proposta por Hake (1998). Esta equação permitiu avaliar o quanto a turma progrediu na compreensão de determinado tópico. O ganho médio normalizado (*g*) é definido pela equação:

$$g = \frac{\%\,pós - \%pré}{100 - \%\,pré}$$

%pós = percentual de acertos do estudante no pós-teste.

%pré = percentual de acertos do estudante no pré-teste.

A partir do valor de *g* foi possível verificar a progressão do conhecimento dos estudantes através da categorização dos valores em classes, sendo elas: baixo ($g < 0{,}30$), médio ($0{,}30 \leq g < 0{,}70$) e alto ($g \geq 0{,}70$).

4.2.4.5 Questionário “Feedback”

O questionário feedback (Apêndice E) foi composto por cinco perguntas objetivas. Os alunos avaliaram as metodologias propostas em classes de respostas com notas de zero a cinco. As perguntas abordadas foram referentes à metodologia utilizada; nível de dificuldade em compreender e executar a atividade proposta; contribuição da metodologia utilizada para a aprendizagem da genética forense; nível de interesse durante a aplicação das metodologias e nível de satisfação com a metodologia empregada. Atividade foi realizada durante 30 minutos e os dados foram expressos em média percentual.

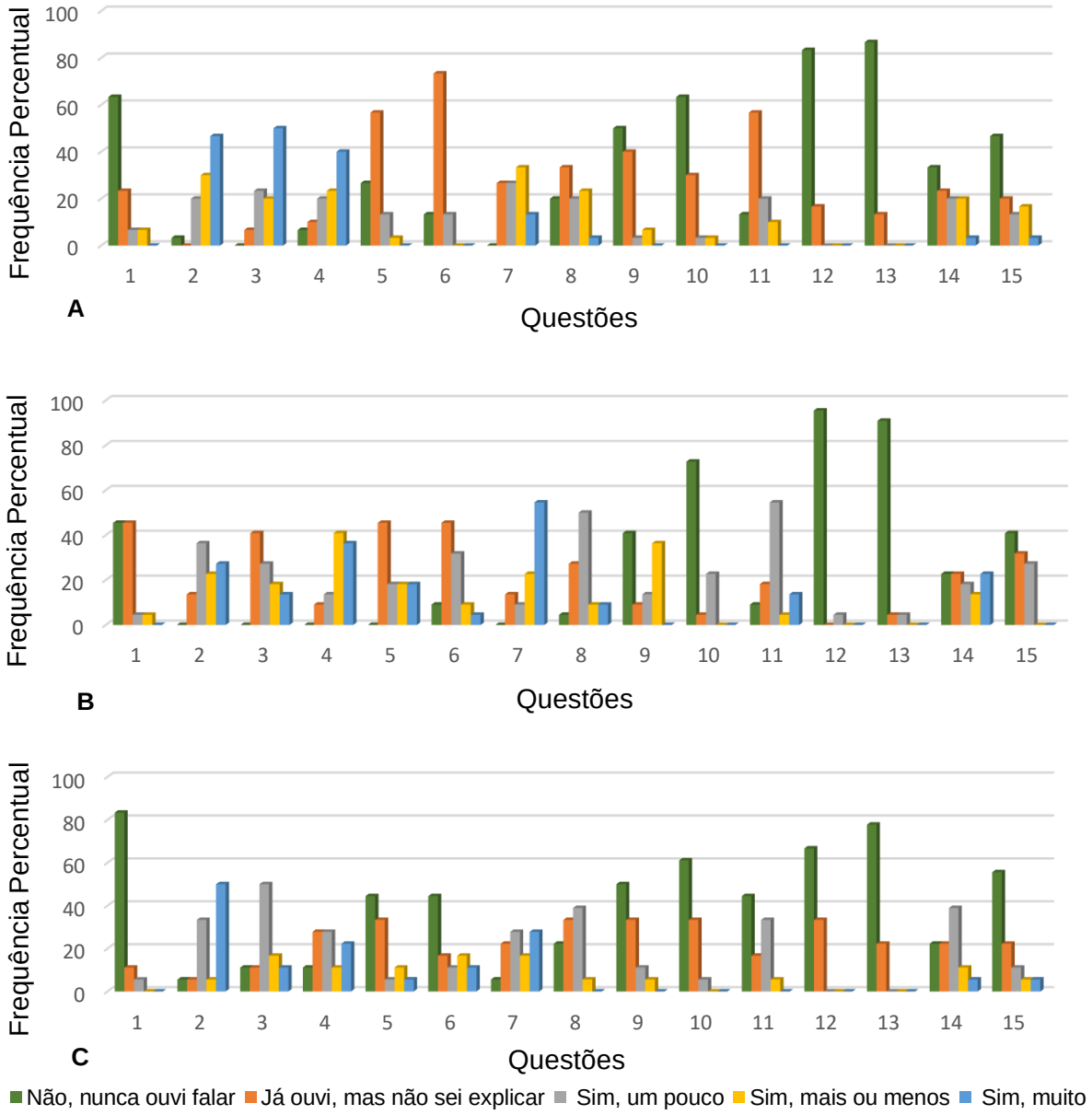
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Pré-intervenção

A perspectiva construtivista precisa inicialmente levar em consideração o conhecimento prévio do aluno, que determina como o estudante vê a realidade, influenciando assim nos critérios pessoais de observação e formulação de hipóteses, proposta inicial do ensino por investigação (BONISSON; FERREIRA; MENOLLI JÚNIOR, 2019; MORAIS; SANTOS, 2016). A análise prévia da percepção dos alunos sobre determinado fenômeno respeita a sua realidade e auxilia o professor a propor atividades contextualizadas, que influenciem no desenvolvimento de competências (BARCELOS *et al*., 2019).

Na aplicação do questionário durante a pré-intervenção, foi observado que a maior porcentagem dos estudantes marcou a opção “Não, nunca ouvi falar” nas questões 1, 9, 10, 12, 13, 14 e 15 do ensino Regular; 9, 10, 12, 13 e 15 do Profissionalizante e 1, 5, 6, 9, 10, 11, 12, 13 e 15 da EJA (**Figura 5.1**). O resultado das três escolas evidenciou total desconhecimento da maioria dos estudantes sobre a replicação do DNA (9), técnicas específicas como marcadores moleculares (10), PCR (12) e eletroforese (13) e como identificar um criminoso pela Forense (15). Resultado similar foi observado na questão 1 sobre a forense no 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 as técnicas utilizadas na paternidade (14) no 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 a opção “Já ouvi, mas não sei explicar”.

Figura 5.1 Percepção dos estudantes de 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) em relação à Forense e a Biologia Molecular realizada na pré-intervenção.



Questões objetivas: 1. Você sabe o que é Forense? **2.** Você tem interesse por filmes e séries de investigação criminal? **3.** Você acha que os filmes e séries têm algo a ensinar? **4.** Práticas laboratoriais poderiam aumentar o seu interesse e entendimento sobre a genética molecular aplicada a forense? **5.** Forense e técnicas moleculares têm relação com o seu cotidiano? **6.** Você conhece as aplicações da Biologia Molecular? **7.** Você sabe o que é DNA? **8.** Você sabe o que são genes? **9.** Você conhece o processo de replicação? **10.** Já ouviu falar de marcadores moleculares, como os microssatélites? **11.** Você sabe como o DNA é extraído? **12.** Você conhece a técnica da PCR? **13.** Já ouviu falar de Eletroforese? **14.** Você conhece técnicas utilizadas na paternidade? **15.** Você sabe como é feita a identificação de um criminoso pela Forense?

A maior porcentagem dos estudantes que marcou a opção “Já ouvi, mas não sei explicar” ocorreu nas questões 5, 6, 8 e 11 do Regular e 3, 5 e 6 do Profissionalizante, demonstrando algum grau de conhecimento dos estudantes em técnicas moleculares com o seu cotidiano (5) e aplicações da Biologia Molecular (6) nas duas escolas citadas. Resultado similar foi observado sobre genes (8) e extração do DNA (11) no Regular e no fato dos filmes terem algo a ensinar (3) no Profissionalizante. As questões sobre a estrutura do DNA (7) no Regular e práticas laboratoriais (4) na EJA tiveram a mesma frequência da opção “sim um pouco” (**Figura 5.1**).

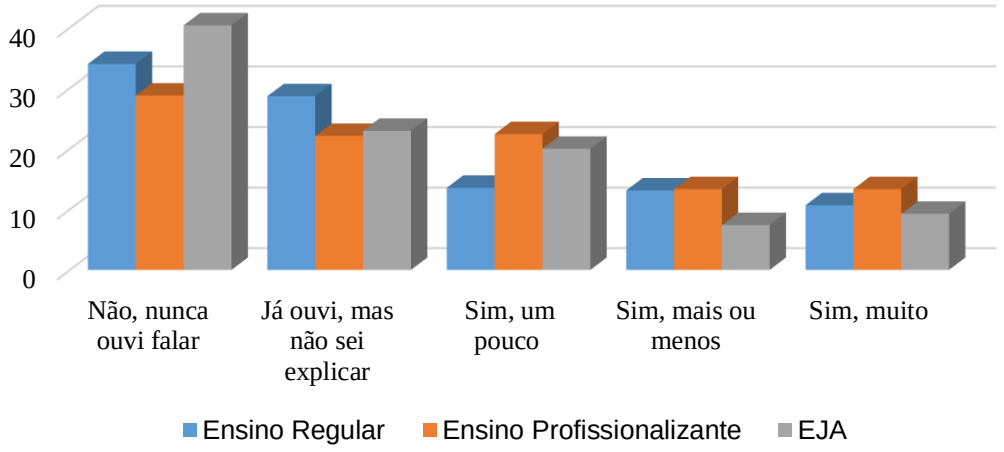
Na opção “sim um pouco”, as questões que mostraram maior porcentagem foram 2, 8 e 11 do Profissionalizante e 3, 8 e 14 da EJA, apontando que os estudantes possuem pouco interesse por séries de investigação policial (2 e 3), genes (8), extração de DNA (11) e paternidade (14). Na EJA, o conhecimento sobre 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 do Regular e 4 do Profissionalizante, indicando um interesse por práticas laboratoriais (4) e conhecimento mediano sobre a estrutura do DNA (7) (**Figura 5.1**).

Na opção “Sim muito”, as questões 2, 3 e 4 do Regular; 7 do Profissionalizante e 2 da EJA mostraram a maior porcentagem, evidenciando que os estudantes 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 a forense. No profissionalizante, destacou - se a questão sobre o que é DNA (7), enquanto o conhecimento sobre técnicas utilizadas na paternidade (14) teve a mesma frequência das opções “Não, nunca ouvi falar” e “Já ouvi, mas não sei explicar” (**Figura 5.1**). Furuzawa (2014) aponta que o gênero policial é um dos mais assistidos do formato seriado entre os adolescentes. Para a autora, esse sucesso se deve à incorporação de diversas questões atuais relacionadas a temas políticos e sociais. Aliar o interesse dos adolescentes em cinema com o processo educacional é uma ferramenta bastante útil na busca e na construção do conhecimento por meio da análise crítica e reflexiva proporcionada pela sua linguagem (ALMEIDA *et al.,* 2019).

A média total da percepção das questões na pré-intervenção (**Figura 5.2**) revelou que a maior porcentagem de estudantes que marcaram a opção “Não, nunca

ouvi falar" foi na EJA (40,37), depois no Regular (34) e com menor frequência no Profissionalizante (28,79). Em "Já ouvi, mas não sei explicar", a porcentagem foi de 28,67 no Regular; 22,96 na EJA e 22,12 no Profissionalizante. Em "sim um pouco", foi de 22,42 no Profissionalizante; 20 na EJA e 13,56 no Regular. Em "sim mais ou menos", foi de 13,33 no Profissionalizante; 13,11 no Regular e 7,41 na EJA. Em "Sim muito", foi de 13,33 no Profissionalizante; 10,67 no Regular e 9,26 na EJA. Os resultados são melhores para o Profissionalizante (71,21) (considerando a opção "já ouvi" até "sim, muito"), depois para o Regular (66) e menores para a EJA (59,63).

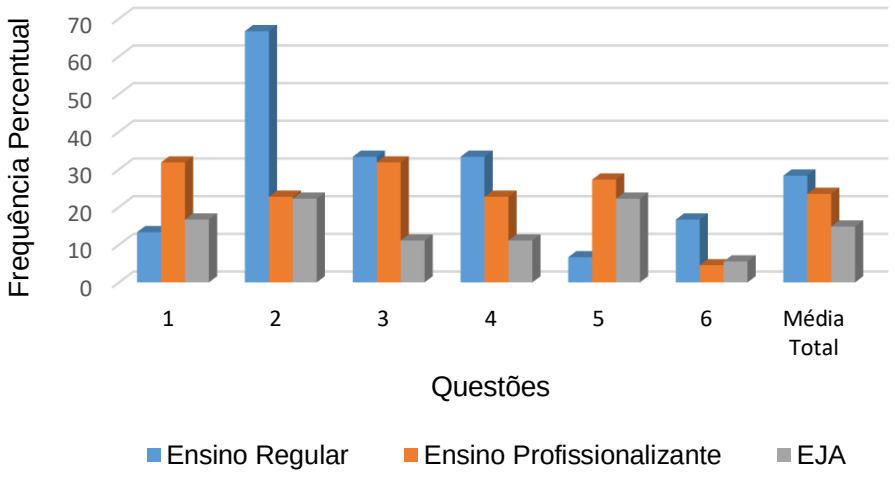
Figura 5.2 Média total da percepção dos estudantes de três escolas públicas estaduais de ensino Regular, Profissionalizante e Educação de Jovens e Adultos - EJA no município de Canto do Buriti (PI) em relação à Forense e a Biologia Molecular realizada na pré-intervenção.



Os resultados de percepção da EJA corroboram com Gomes e Lima (2019), que citam que o perfil destes alunos 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, dedicando-se pouco às atividades extraclasse. Os alunos dessa modalidade de ensino constituem uma parcela da população brasileira desprivilegiada econômica e socialmente, que precisam ser preparados para se posicionarem diante de questões tecnológicas e cientificas, através da democratização da ciência (FREIRE, 2018).

O conhecimento prévio sobre o conteúdo dos estudantes foi analisado a partir de 6 questões objetivas na pré-intervenção e evidenciou a menor porcentagem média de acertos na maioria das questões (1, 3, 4, 5 e 6) para as três escolas (**Figura 5.3**). Este 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 observado a maior porcentagem de acertos no Regular (66,67). De forma geral, a média total de acertos foi baixa com 28,33% no Regular, 23,48% no Profissionalizante e 14,81% na EJA.

Figura 5.3 Percentual de acertos de questões objetivas realizadas pelos estudantes de três escolas públicas estaduais de ensino Regular, Profissionalizante e Educação de Jovens e Adultos - EJA no município de Canto do Buriti (PI) em relação à Forense e a Biologia Molecular realizada na pré-intervenção.



Questões objetivas: 1. Estrutura do DNA. **2.** Observação de bandas de 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**. Princípios da Eletroforese.

A pré-intervenção mostrou que os alunos apresentam maiores dificuldades, principalmente, nas técnicas específicas da molecular e como podem ser utilizadas na Forense. Essa dificuldade já era esperada, pois estão de acordo com a percepção dos alunos em relação às técnicas, onde a maioria marcou a opção “Não, nunca ouvi falar” (**Figura 5.1**). Temas contextualizados da biologia Molecular como sequenciamento, PCR e eletroforese, quando citados nos livros, estão aquém da real

necessidade de abordagem, apesar de constarem nos PCNs de 1996 (ESCODINO; GÓES, 2013). 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, podendo assim se posicionar criticamente. 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 e distante da sua realidade. Essas dificuldades podem ser superadas com práticas investigativas que levam o aluno a visualizar as técnicas de forma mais concreta, bem como questionar a relação dessas técnicas com o meio que o cerca.

Após a sondagem inicial, a problematização geral (Como é possível a identificação de pessoas pelo DNA? Que ferramentas moleculares são utilizadas neste processo? Qual a importância e onde a genética forense pode ser aplicada?) da SEI foi proposta aos estudantes. Nessa etapa os estudantes tiveram a oportunidade de levantar suas hipóteses a respeito dos questionamentos levantados, bem como manifestar-se sobre o interesse em relação a sequência proposta.

De acordo com Carminatti e Clement (2018), a elucidação de uma situação-problema é uma etapa necessária e imprescindível no ensino por investigação, 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 e interações discursivas, diante do surgimento de diversas soluções para determinado problema. As hipóteses levantadas pelos estudantes na SEI foram obtidas através de discussões na classe e após a aula no WhatsApp, sendo registradas em um diário de bordo.

O momento inicial de interações discursivas foi importante para o estabelecimento do vínculo entre os estudantes e a professora, bem como com a temática trabalhada. Foi possível observar o empenho da maioria dos grupos em buscar soluções para as problematizações. Nas hipóteses iniciais não houve invocação de discursos científicos, ou relação com a genética, porém obteve-se algumas respostas satisfatórias, como o 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.” Nesse momento também, ficou bastante evidente o interesse dos estudantes pela SEI, aonde muitos estudantes questionaram se iriam “Fazer DNA”, ou “Tirar sangue”.

5.2 Recursos Multimídias

Na etapa da pesquisa de vídeos, as interações discursivas demonstraram o empenho da maioria dos grupos nas três escolas em buscar soluções para a problematização. Durante a discussão no WhatsApp, bem como na exposição dos vídeos pelos alunos, foi possível perceber bastante interesse dos estudantes com contextualizações e comparações com o conhecimento prévio deles, além de citarem e questionarem diversas vezes episódios de séries policiais como “Castle”, “Lúcifer” e “CSI”. Essas séries despertam o interesse principalmente do público adolescente (CRUZ *et al.,* 2016). Furuzawa (2014) aponta a última como sendo mais popular no Brasil, devido a sua exibição nos canais de TV abertos.

Cruz *et al.* (2016) citam que os filmes e séries policiais contribuem para a construção de situações que possibilitam o desenvolvimento cognitivo dos estudantes, despertando o interesse pela genética forense. Ressalta-se que foi possível observar o maior empenho e participação entre os estudantes do ensino Profissionalizante e menor manifestação no “WhatsApp” dos estudantes da EJA. Algumas dessas respostas podem ser observadas no Quadro 5.1.

A pesquisa e compartilhamento de vídeos foi importante para que os estudantes desenvolvessem as atitudes de trabalhar em grupo de forma colaborativa e estruturassem ideias por meio de linguagem oral (SOUZA Jr., 2014) e assim passassem a conhecer os termos e o funcionamento das técnicas mencionadas e observar as séries com olhar mais aprofundado, fazendo conexões dos episódios com as técnicas forenses.

No início das pesquisas os estudantes não possuíam muito critério na seleção dos vídeos. Nesse momento o auxílio da professora foi importante na orientação dos vídeos mais didáticos e condizentes com os objetivos propostos. Apesar de se tratar de Sequencia investigativa, Carvalho (2018) cita que existem diferentes graus de liberdade em uma aula investigativa e cabe ao professor, mediante, aos objetivos propostos definir qual grau de liberdade cada prática deve possuir.

A aula dialogada no final da apresentação dos vídeos foi útil para a sistematização do conhecimento e introdução de conceitos científicos como relatado por Lima e Braga (2016). Mello e Costallat (2011) afirmam que é durante a aula

dialogada que o estudante é desafiado a participar, fazendo uma correlação do conhecimento prévio com os conceitos apresentados durante a aula. A postura dialógica da professora estimulou a discussão e um aprofundamento do conhecimento científico (BARCELOS; COELHO, 2019), 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”.

Quadro 5.1 Trechos transcritos da fala de alguns alunos nas discussões na classe e no WhatsApp registrados em diário de bordo.

Aluno	Ensino	Local de Manifestação	Fala
1	Regular	Classe	O DNA identifica pelos testes. 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.
7	EJA	WhatsApp	Eu pensei que só se estudava DNA pelo sangue.

Fonte: Dados da pesquisa

Após cada etapa da SEI, os alunos, individualmente, resolveram questões abertas com o intuito de avaliar a percepção e o conhecimento referentes aos temas abordados em sala de aula. Essa etapa foi importante, pois devido a quantidade de alunos por turma, bem como a timidez de alguns, geralmente ocorrem dificuldades em averiguar se os objetivos propostos foram alcançados apenas na observação das

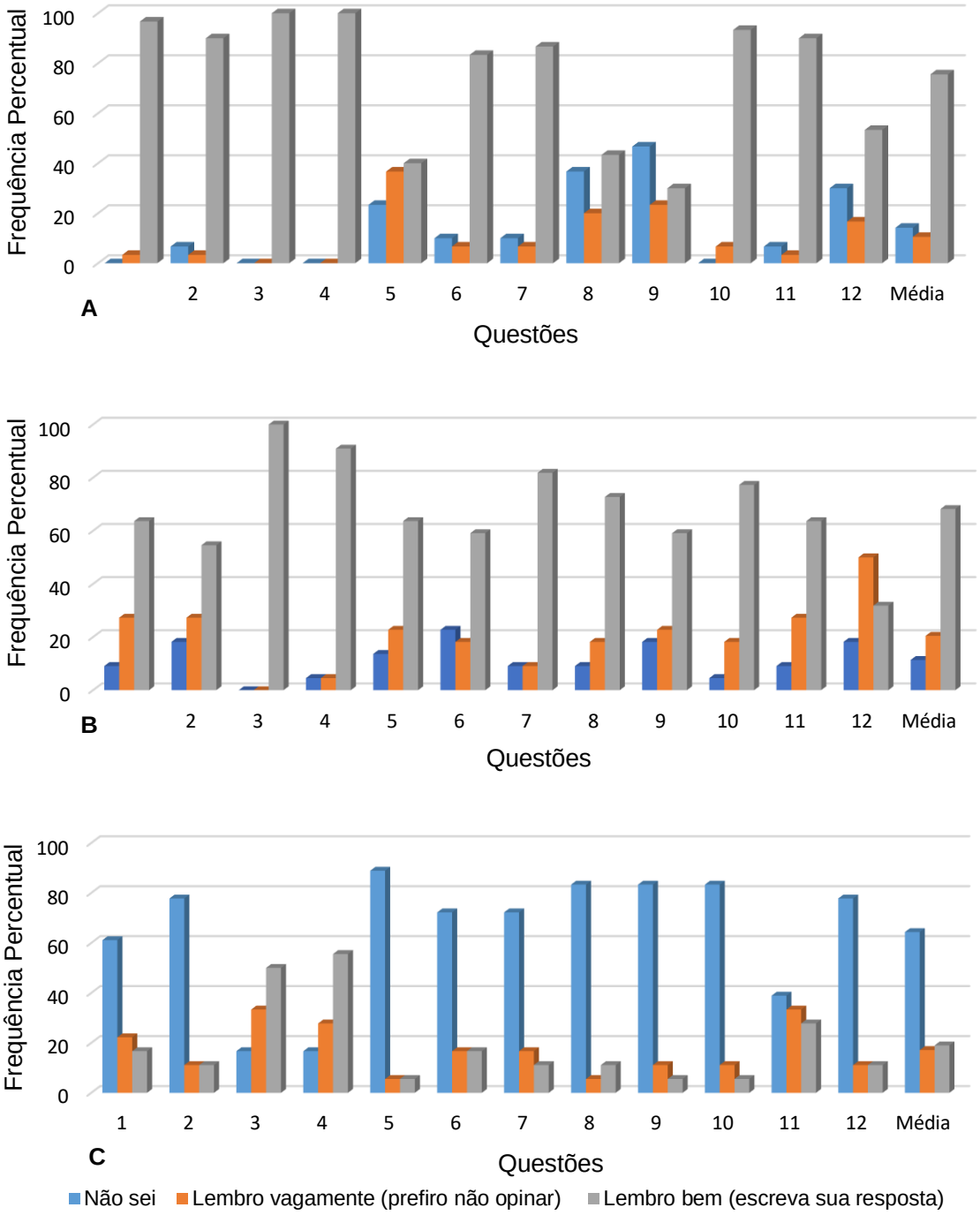
interações discursivas. Dessa forma, o questionário foi muito útil na avaliação dos resultados e na percepção particular de cada estudante. As interações discursivas, por outro lado, possibilitaram aos estudantes participarem do processo de construção e entendimento que se processam durante a aula como proposto por Sasseron (2015). Utilizando as duas formas de avaliação, obteve-se dados mais robustos sobre a eficiência da aplicação da SEI assim como observados por Barcelos e Coelho (2019).

Na Figura 5.4, foi avaliada a percepção das respostas dos alunos após a seleção e discussão dialogada dos vídeos didáticos. A maior porcentagem dos alunos do ensino Regular e Profissionalizante marcou a opção “lembro bem” para a maioria das questões com média total de 75,56 e 68,18%, respectivamente. No entanto, na EJA, o resultado foi diferente, ou seja, a maior porcentagem marcou a opção “não sei” para a maioria das questões com média total de 64,35%.

Dentre as questões “lembro bem” (**Figura 5.4**) com a maior porcentagem marcadas pelos estudantes do Regular e Profissionalizante estão as referentes 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 a função dos marcadores genéticos (12) no Regular e definição do padrão eletroforético (9) no Profissionalizante. Enquanto 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) e pela ausência de contextualização da genética, seja nos livros didáticos ou mesmo na atuação docente (MASCARENHAS *et al.,* 2016).

O resultado mostrou que os vídeos selecionados pelos estudantes foram eficientes para melhorar a percepção deles, pois a maioria antes da oficina marcou a opção “Não, nunca ouvi falar” nas três escolas (**Figura 5.1**). Silva (2017) aponta que as informações visuais como os vídeos e animações auxiliam no processo educacional e fazem com que o estudante adquira um modelo visual a respeito do conteúdo estudado.

Figura 5.4 Percepção dos estudantes de 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) referente aos vídeos.



Questões abertas: 1. Explicar o processo de replicação em desenho ou esquema. **2.** Explicar por que a replicação é semiconservativa. **3.** Materiais usados na extração do DNA. **4.** Função do detergente na extração do DNA. **5.** Defina microssatélites. **6.** Em qual parte do DNA podem ser observadas as sequências STR. **7.** Para que serve a técnica de PCR aplicada à molécula de DNA? **8.** Qual o material necessário para a realização da PCR? **9.** Definição do padrão eletroforético. **10.** Em que se baseia a eletroforese? **11.** Quais técnicas são empregadas na identificação de indivíduos? **12.** Função dos marcadores genéticos.

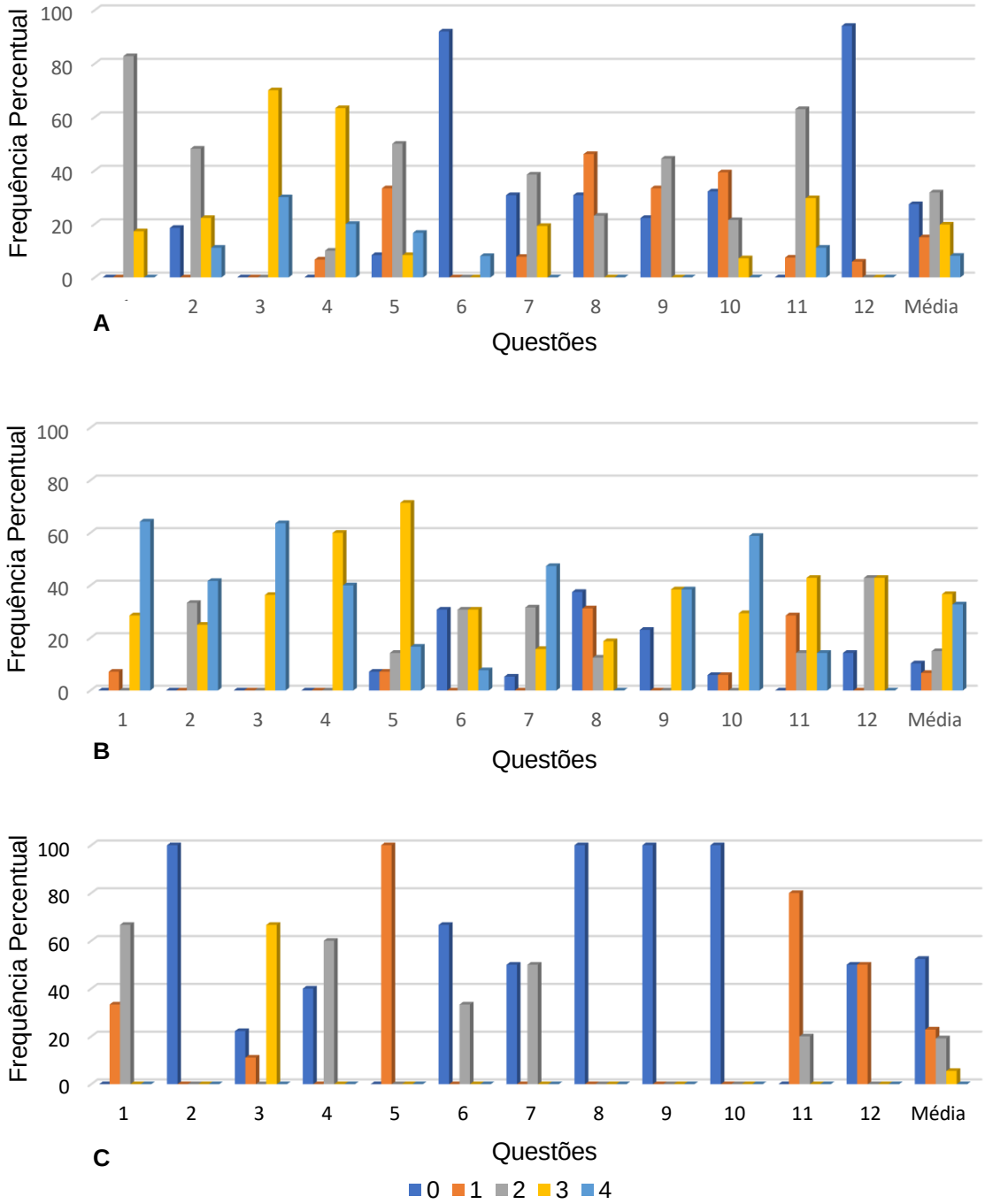
Aos estudantes que marcaram a opção “lembro bem”, foi dado o espaço de formular suas respostas aplicadas após os vídeos didáticos, que foram categorizadas em classes de 0 a 5 (**Figura 5.5)**. Na classe 0 (sem resposta - resposta do tipo não sei, erradas ou em branco), as médias percentuais totais foram de 52,41 na EJA; 27,41 no Regular e 10,33 no Profissionalizante. Na classe 1 (resposta pobre/sem informação), as médias foram 22,87 na EJA; 14,98 no Regular e 6,67 no Profissionalizante. A maior porcentagem de estudantes da EJA apresentou questões nas classes 0 e 1, associada aos equívocos cometidos na maioria das vezes com a troca de conceitos. Por exemplo, na questão 6, foi questionado em qual parte do DNA podem ser observados os STR, mas a maioria dos estudantes confundiu com técnica de Eletroforese e respondeu que seria na cuba.

Na classe 2 (resposta fraca/ sem o estabelecimento de conexões), as médias percentuais foram de 31,77 no Regular; 19,17 na EJA e 14,97 no Profissionalizante (**Figura 5.5**). Este resultado evidencia que os alunos apesar de terem adquirido determinado conhecimento, ainda formularam respostas fracas como “Microssatélites são unidades de repetição”; “A eletroforese baseia-se em cargas negativas do DNA”; “PCR serve para duplicação”.

A maior porcentagem das respostas da classe 3 (Resposta Satisfatória/Racionalidade e estabelecimento de conexões dos conceitos – Respostas que demonstram compreensão dos elementos científicos mais importantes) ocorreu no ensino Profissionalizante (36,69), depois no Regular (19,76) e a menor na EJA (5,56). Este fato demonstrou que os estudantes ainda possuem dificuldade em compreender totalmente a pergunta e argumentá-la com as devidas conexões, principalmente na EJA.

Na 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) a maior porcentagem foi observada no Profissionalizante (32,74), depois no Regular (8,07) e não foi registrada na EJA (**Figura 5.5**). Os resultados das últimas duas classes (3 e 4) mostram que os estudantes do Profissionalizante apresentaram a maior média percentual (69,43), depois o Regular (27,84) e a EJA (5,56) quanto ao nível da resposta.

Figura 5.5 Questionário avaliativo referente aos 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), referente aos vídeos.



Questões abertas: 1. Explicar o processo de replicação em desenho ou esquema. **2.** Explicar por que a replicação é semiconservativa. **3.** Materiais usados na extração do DNA. **4.** Função do detergente na extração do DNA. **5.** Defina microssatélites. **6.** Em qual parte do DNA podem ser observadas as sequências STR. **7.** Para que serve a técnica de PCR aplicada à molécula de DNA? **8.** Qual o material necessário para a realização da PCR? **9.** Definição para padrão eletroforético. **10.** Em que se baseia a eletroforese? **11.** Quais técnicas são empregadas na identificação de indivíduos? **12.** Função dos marcadores genéticos. **Classe 0** (sem resposta); **Classe 1** (resposta pobre); **Classe 2** (resposta fraca); **Classe 3** (resposta satisfatória) e **Classe 4** (resposta excelente).

Na análise individual das questões (**Figura 5.5**)**,** os estudantes da EJA mostraram a maior porcentagem nas classes de 0 a 2 (sem resposta a uma resposta fraca) 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 5.4**), exceto a questão 4 que apesar de terem marcado que "lembram bem", as respostas foram consideradas "fracas".

Resultado similar foi observado no Regular nas questões 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12 nas classes 0 a 2. No entanto, a maioria destas questões ficaram na classe 2, enquanto na EJA na classe 0. Apenas as questões 3 e 4 foram satisfatórias (classe 3) e nenhuma na classe 4. O resultado do Regular foi bem diferente da percepção (**Figura 5.4**), pois a maior porcentagem dos estudantes marcou "lembro bem" para todas as questões, exceto a 9. No profissionalizante, os resultados foram melhores com a maioria das questões (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11 e 12) nas classes 3 e 4 (resposta satisfatória a excelente) e algumas questões (6, 8 e 12) nas classes de 0 a 2. Os resultados foram coerentes com a percepção desses estudantes (**Figura 5.4**).

Na avaliação geral, a pesquisa e o compartilhamento dos vídeos didáticos foram muito positivos 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 de 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 utilizando-as de forma investigativa, é possível chegar as soluções para as situações-problema elencadas.

A capacidade argumentativa é uma habilidade cognitiva que segundo Sá (2009) é estimulada com a prática investigativa regular. Barcelos *et al.* (2019) citam a importância da intervenção do professor, para que o aluno possa pensar e refletir sobre os conteúdos abordados. Além disso, o uso de práticas pedagógicas

investigativas geradas pela ciência e convertidas para a linguagem escolar facilita o processo de ensino-aprendizagem em relação ao ensino tradicional, que visa a transmissão de conteúdos a fim de serem memorizados (OLIVEIRA *et al.,* 2015).

5.3 Simulação da Paternidade e Criminalística

A etapa da exibição dos vídeos fez surgir um novo questionamento e posterior discussão: Como o grau de parentesco entre pessoas pode ser determinado? Assim, na terceira etapa da SEI, os estudantes pesquisaram e simularam para os demais colegas diferentes situações de paternidade que foram esclarecidas pela análise de géis de eletroforese em folhas de papel.

O uso do WhatsApp foi bastante eficaz para o esclarecimento de diversas dúvidas que surgiram, entre os questionamentos levantados estava como seria feita a simulação. Com a utilização dessa ferramenta foi possível otimizar o tempo. 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”). Sendo assim, baseados na problemática, os estudantes analisaram e discutiram seis diferentes simulações de paternidade e criminalística, evidenciando os microssatélites de cada indivíduo, estimulando os colegas a investigar o suposto pai (**Figura 5.6 ABC**).

Cruz *et al.* (2016) expõem que atividades lúdicas proporcionam uma proximidade do estudante com o conteúdo e aumento do seu interesse, sendo uma metodologia dinâmica e inovadora, além de permitir a interação entre os indivíduos. A questão – problema elencada em uma aula, deve estimular a curiosidade científica dos estudantes. Segundo o autor é essa curiosidade que faz o indivíduo “perguntar, reconhecer, atuar mais, perguntar e reconhecer” (FREIRE, 2018 p. 84).

Figura 5.6 Simulação de paternidade pesquisada pelos estudantes das três escolas estaduais de ensino Regular (A), Profissionalizante (B) e Educação de Jovens e Adultos – EJA (C) no município de Canto do Buriti (PI).

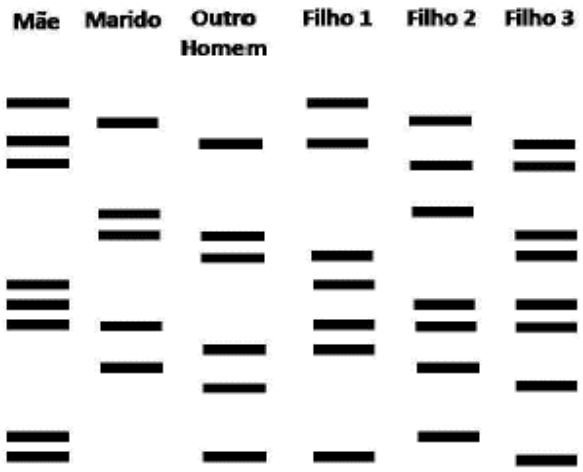
Fonte: Dados da pesquisa.

O Quadro 5.2 apresenta uma das simulações de paternidade que um grupo de alunos do ensino Profissionalizante obteve através de pesquisa na internet, bem como algumas respostas dos colegas. Foi possível perceber que os estudantes, baseando-se na estratégia da comparação das bandas (mesmo ainda não compreendendo o termo correto) levantaram hipóteses adequadas e conseguiram resolver a problemática, encontrando os indivíduos procurados. Desta forma, os alunos conseguiram propor um modelo explicativo para resolver a situação-problema (identificação de graus de parentesco). Crepalde e Aguiar Júnior (2013) conceituam esse tipo de resposta ou fala como hibridização de termos do discurso científico e do discurso cotidiano.

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).

Quadro 5.2 Simulação de paternidade proposta por um grupo de alunos do ensino Profissionalizante e as hipóteses levantadas pelos colegas.

Simulação apresentada: Quantos filhos dessa mulher são do seu marido?



Algumas respostas:

- Nenhum (risos).
- O filho 2 é do marido, os outros 2 não.
- Só um filho é do marido.
- Se você comparar esses traços (bandas, complementa a professora), dois filhos são do outro homem.

Fonte: UFT (2013)

As interações discursivas entre os estudantes 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. A próxima etapa realizada (cena do crime) foi baseada na seguinte problematização: Existem crimes perfeitos? Durante a semana, a professora também auxiliou e tirou as dúvidas dos alunos pelo WhatsApp. Os alunos do ensino Regular e Profissionalizante mostraram-se mais motivados com a realização da “peça teatral”, em geral, esse tipo de atividade é muito atrativa para os adolescentes (OLIVEIRA *et al.*, 2019).

Os estudantes ficaram muito empolgados (“Professora na próxima aula a gente vai matar o fulano”; “Eu quero ser o perito”; “vamos fingir que é um baile funk”, disseram alguns alunos) com montagem e execução da cena na própria sala (**Figura 5.7)**. 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 (FELIPPE; SILVA, 2017). Os autores afirmam que através da produção artística, a pedagogia comtempla articulações entre o ensino e a aprendizagem, integrando conteúdos disciplinares com questões da sociedade.

Figura 5.7 Cena de crime realizada pelos estudantes das três escolas estaduais de ensino Regular (A), Profissionalizante (B) e Educação de Jovens e Adultos - EJA (C) no município de Canto do Buriti (PI).

Fonte: Dados da pesquisa

O desenvolvimento das atitudes de trabalhar em grupo de forma colaborativa, e de buscar diálogo entre os colegas (SOUZA Jr., 2014) foi bastante satisfatório nessa etapa, onde foi possível ver os alunos buscando o envolvimento de todos os colegas na montagem da cena do crime. Inicialmente, a turma da EJA apresentou um pouco de resistência nessa etapa da SEI, por timidez e falta de hábito de serem protagonistas no contexto escolar. Esse fato foi contornado pelos alunos com o uso de bonecos para a montagem da cena do crime.

Durante a aula, cada grupo com a sua função pré-definida conduziu o processo de investigação da cena do crime, evidenciando as provas, a coleta do material e outros pontos importantes para a resolução do crime. A professora estimulou os

estudantes a cada passo, na tentativa de ampliar as explicações e o envolvimento do estudante, com 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 foram bastante convincentes e dotadas de propriedade, evidenciando uma melhora expressiva na capacidade cognitiva e argumentativa dos estudantes. “Professora não é só o sangue que pode ser analisado, também serve fio de cabelo, unha, disse um aluno, “saliva e suor, mencionou mais um estudante, “além da digital”, complementa outro.

A professora aproveitando-se da oportunidade questiona a turma: “Impressão digital serve como análise de DNA?” “Sim”, respondeu a maioria dos alunos. A professora explicou a origem das marcas digitais aos alunos que compreenderam sua relação com outras áreas da forense que não a Molecular. Segundo Barcelos *et al* (2019), essa capacidade do estudante de elaborar hipóteses e comunicar os resultados é uma aquisição cultural imaterial, fruto das interações entre professor, aluno, materiais ou informações.

Nessa etapa os estudantes, utilizando-se do conhecimento prévio e das competências adquiridas durante a montagem da cena do crime conseguiram solucionar o problema e entender que mesmo em crimes chamados “perfeitos” pode ser possível encontrar material biológico e desvendar o crime. As atividades lúdicas no ensino estimulam o desenvolvimento pessoal e cognitivo do aluno, promovendo reflexão e construção do raciocínio lógico, auxiliando-o na busca por respostas para solucionar os problemas apresentados (CRUZ *et al.,* 2016).

5.4 Extração de DNA

As discussões durante e após a montagem da cena do crime levaram os estudantes a retomarem o conhecimento adquirido com os vídeos e conjecturarem que realizariam uma prática de extração de DNA. Diante do interesse dos estudantes a professora questionou: Como é realizada a extração do DNA em laboratório? Foi possível notar nos alunos a potencialização e o desenvolvimento de habilidades com o levantamento de hipóteses, a partir da apropriação do conhecimento científico adquirido, forjando argumentos a partir das evidencias apresentadas e construindo uma explicação científica. “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" "Vamos tirar o DNA do nosso sangue, professora?" manifestaram-se alguns alunos.

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 (MEIRA, 2015). 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 chamado pelos autores de verificacionista de Ciência.

A prática da extração do DNA da banana na perspectiva investigativa nas três escolas (**Figura 5.8)** 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 utilizado como o detergente e o álcool gelado.

Em cada etapa, a professora foi questionando sobre a utilização dos reagentes e os estudantes responderam satisfatoriamente, criando um modelo explicativo para cada momento. Esta situação foi observada em relatos pelos alunos como: "O sal equilibra as cargas elétricas", "O sal ajuda a unir o DNA", "banana tem muito DNA". Outras respostas e falas dos estudantes na sala de aula também foram observadas quanto ao uso do detergente na extração do DNA (**Quadro 5.3)**. 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.

Figura 5.8 Extração laboratorial do DNA realizada pelos estudantes de três escolas estaduais de ensino Regular (A), Profissionalizante (B) e Educação de Jovens e Adultos – EJA (C) no município de Canto do Buriti (PI).

Fonte: Dados da pesquisa. O chumaço branco apontado pelas setas indica o DNA.

Quadro 5.3 Respostas e falas sobre a utilização do detergente na extração do DNA.

Professora: Qual a função do detergente na extração do DNA?
Aluno: A função é desestruturar a molécula do lipídio.
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.

A escola de ensino Regular foi a única em que a prática foi realizada em laboratório próprio, nas demais houve uma adequação, utilizando material de cozinha na própria sala de aula, porém não houve diferença nos resultados obtidos,

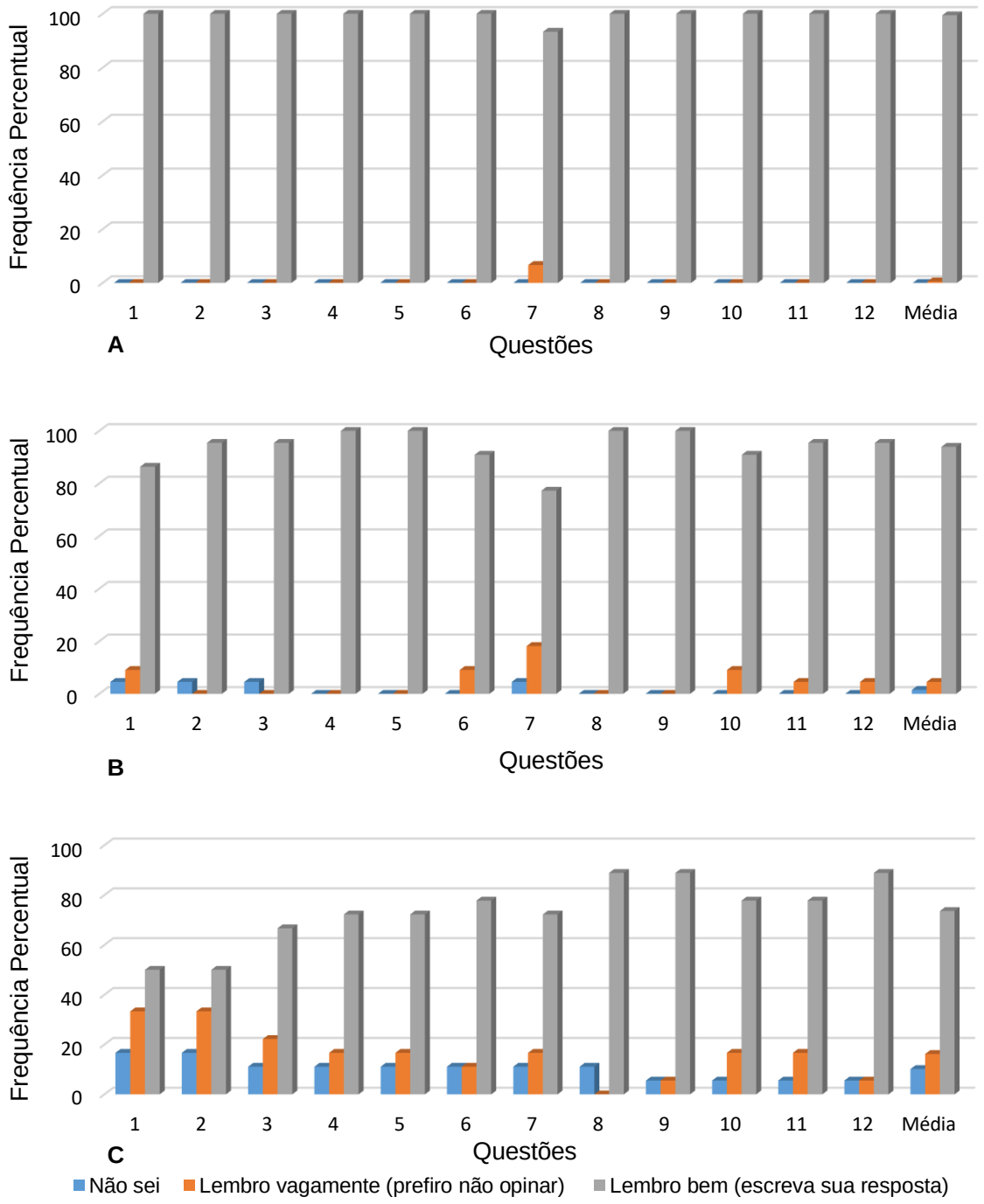
corroborando com Gomes *et al.* (2017) que defendem o uso de práticas experimentais, mesmo sem laboratório ou materiais específicos. De acordo com os autores a experimentação é uma forma de aprendizagem que permite a visualização de conceitos e teorias de maneira prática. Apesar de orientadas por roteiros pré-determinados, as aulas experimentais em laboratório podem promover o caráter investigativo, dando aos estudantes a oportunidade de errar e acertar, aprendendo durante o processo (FERREIRA *et al.,* 2010).

Após essas etapas da SEI, foi avaliada a percepção das respostas marcadas pelos estudantes após a análise das simulações da paternidade e criminalística; encenação da cena do crime e extração do DNA em laboratório. De forma 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 ensino Regular; 93,94 no Profissionalizante e 73,61 na EJA (**Figura 5.9)**. Os resultados mostraram percepções melhores do que os vídeos (**Figura 5.4)** nas três escolas.

Na Figura 5.10, as respostas das questões da opção “lembro bem” foram avaliadas. Na classe 0, a média percentual total foi 0 para os estudantes do Regular e Profissionalizante e 13,05% na EJA. Nas classes de 1 a 4, observou-se um aumento da porcentagem média total das respostas, variando de 5,77 a 36,47 no Regular e de 1,68 a 63,34 no Profissionalizante. 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 das últimas duas classes (3 e 4) mostram que os estudantes do Profissionalizante apresentaram a maior média percentual (95,15), depois o Regular (72,98) e a EJA (47,33), ou seja, todas as escolas foram melhores em relação aos vídeos (**Figura 5.5**).

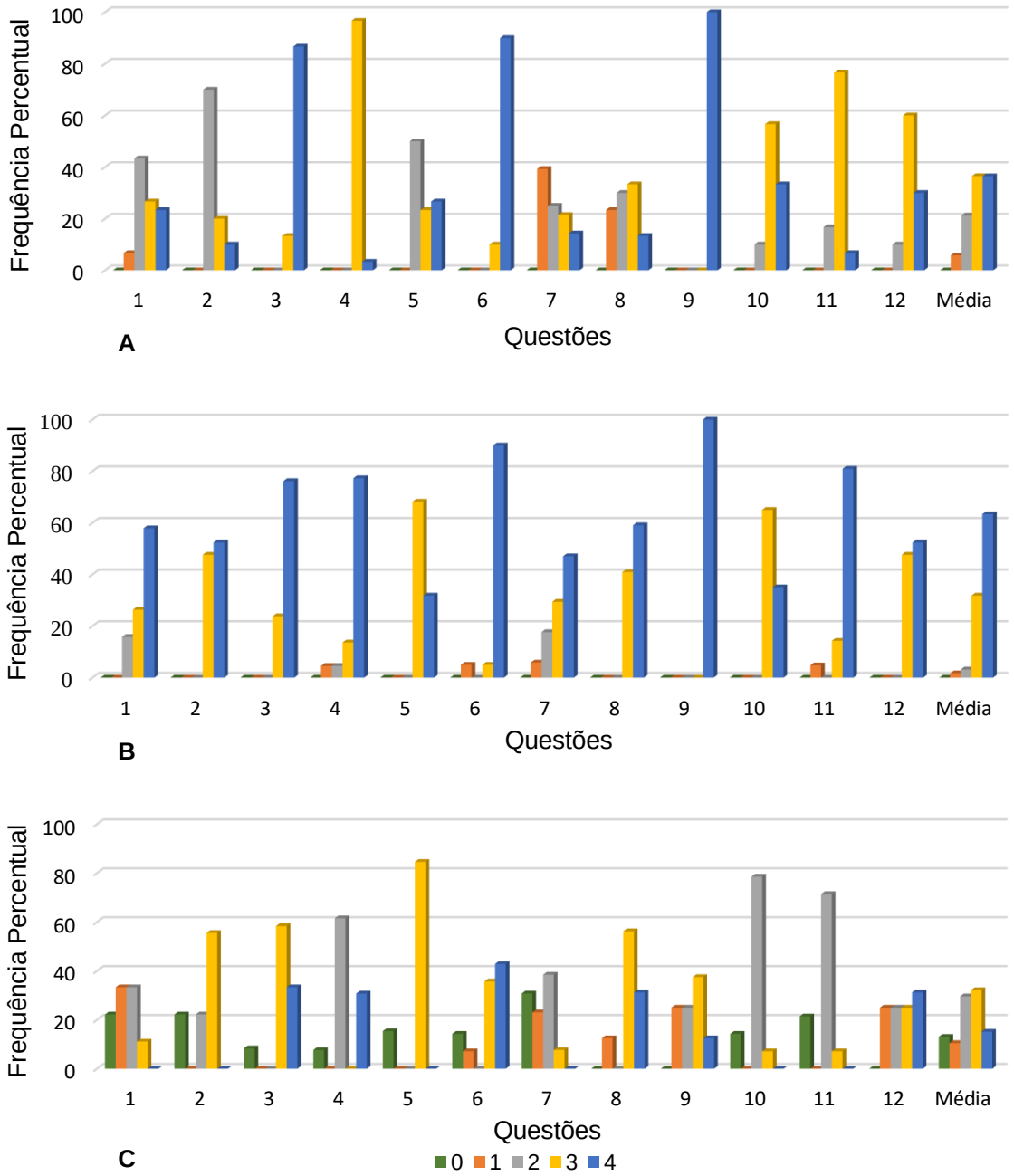
A maioria das questões (3, 4, 6, 8, 9, 10, 11 e 12) dos estudantes do Regular apresentaram a maior porcentagem das respostas nas classes 3 e 4 e as questões 1, 2, 5 e 7 nas classes de 1 a 2. No profissionalizante, todas as questões encontram-se na classe 4, exceto a 5 e a 10 na classe 3. Na EJA, houve uma melhora expressiva também 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 5.10**). Os resultados de percepção (**Figura 5.9**) e os avaliativos (**Figura 5.10**) foram correspondentes para a maioria das questões que os estudantes marcaram a opção “lembro bem”.

Figura 5.9 Percepção dos estudantes de 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) 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 o 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.** Compare as bandas e identifique o pai do bebê. **6.** Que material perto de um assassino serve para ser analisado? **7.** Quais são os processos de análise de identificação de material biológico encontrado em cena de crime? **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?

Figura 5.10 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) 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 maternidade de uma pessoa? **3.** Qual o tipo de material biológico utilizado em perícia criminal? **4.** Em um corpo, sem sinais de material biológico é possível encontrar o assassino? **5.** Compare as bandas e identifique o pai do bebê. **6.** Que material perto de um assassino serve para ser analisado? **7.** Quais os processos de análise de identificação de material biológico encontrado em cena de crime? **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? **Classe 0** (sem resposta); **Classe 1** (resposta pobre); **Classe 2** (resposta fraca); **Classe 3** (resposta satisfatória) e **Classe 4** (resposta excelente).

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. Algumas respostas e falas dos estudantes mostraram essas habilidades, como na extração do DNA **(Quadro 5.4)**. 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 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 que auxiliam os estudantes a compreender a relevância dos conteúdos estudados de Genética, incentivando-o a aprendê-los de maneira simples e duradoura, melhorando o desempenho em 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.

Quadro 5.4 Respostas e falas dos estudantes sobre a extração do DNA

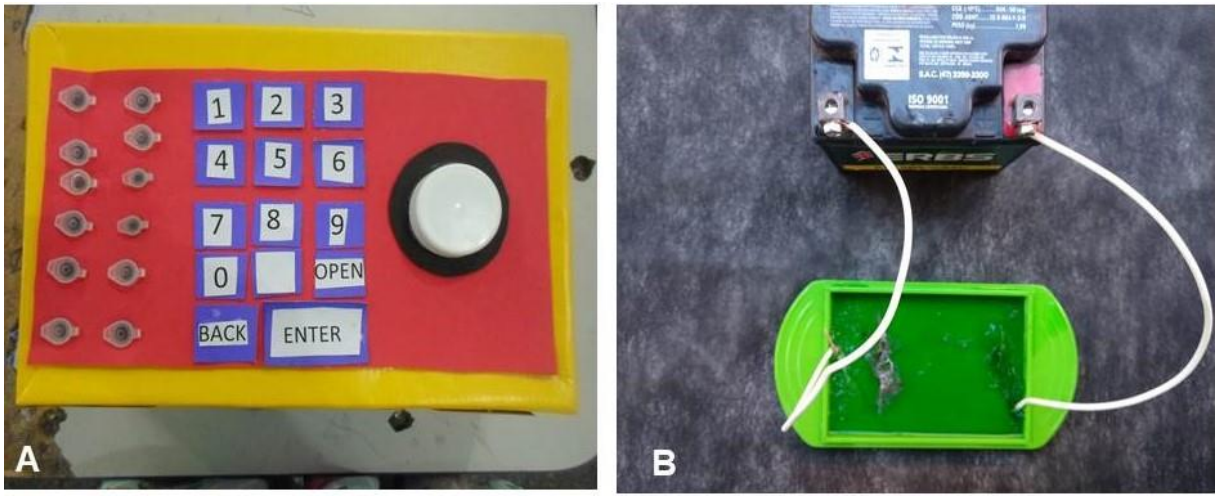
Professora: Para que serve o álcool gelado na extração do DNA?
Aluno: Faz com que as moléculas fiquem juntas, formando uma massa branca em cima do recipiente.
Aluno: Faz com que o DNA se aglutine formando uma massa filamentosa.
Aluno: Faz com que as moléculas se aglutinem formando o que vemos como DNA.
Professora: Por que a professora utilizou a banana na extração do DNA?
Aluno: Porque banana é rica em DNA e isso evita que a professora tenha que tirar o nosso sangue.
Aluno: Por falta de recursos sofisticados e por causa da facilidade e por falta de autorização.
Aluno: Banana é barato e tem muito DNA.
Aluno: Para não correr o risco de contaminação.
Professora: Quais matérias servem para análise de DNA?
Aluno: Sangue, saliva, raspados em baixo da unha da vítima, suor.
Aluno: No exame de corpo de delito, todo tecido do corpo deve ser analisado.

5.5 Reação de Polimerase em Cadeia (PCR) e Eletroforese

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? “Tem que amplificar pela PCR”, respondeu um aluno; “PCR auxilia no processo de multiplicação” respondeu outro. A fala dos alunos já evidencia a capacidade de levantar hipóteses baseadas em conhecimentos prévios. A resposta do aluno foi testada experimentalmente com a confecção de um Termociclador artesanal que foi construído pelos estudantes, junto com a professora (**Figura 5.11 A**). Ao perguntar

para as turmas para que serve o Termociclador, os estudantes conseguiram associar com a amplificação do DNA como mostra a fala de alguns alunos (“A técnica de PCR é utilizada para ampliar um segmento do DNA”; “A PCR é pra permitir a replicação dos fragmentos do DNA; “A técnica ajuda na replicação do DNA”). Em seguida, houve a sistematização de conceitos sobre amplificação do DNA pela PCR.

Figura 5.11 Modelo lúdico de um Termociclador (A) e uma cuba de eletroforese (B) elaborado pelos alunos de três escolas públicas estaduais de Ensino Regular, Profissionalizante e Educação de Jovens e Adultos - EJA no município de Canto do Buriti (PI).



Fonte: Dados da pesquisa

A professora questionou aos alunos como esse DNA que já passou por tantos processos vai ser analisado? Um aluno retoma os vídeos assistidos e argumenta que: “vai se imprimido 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 solução para as perguntas de cada etapa, evidenciando uma realidade diferente daquela encontrada na pré-intervenção quando desconheciam o que era eletroforese.

Confirmando as hipóteses levantadas, os alunos construíram junto com a professora, uma cuba artesanal de eletroforese (**Figura 5.11 B**). Os modelos didáticos foram importantes e auxiliam o professor quando não é possível realizar determinada

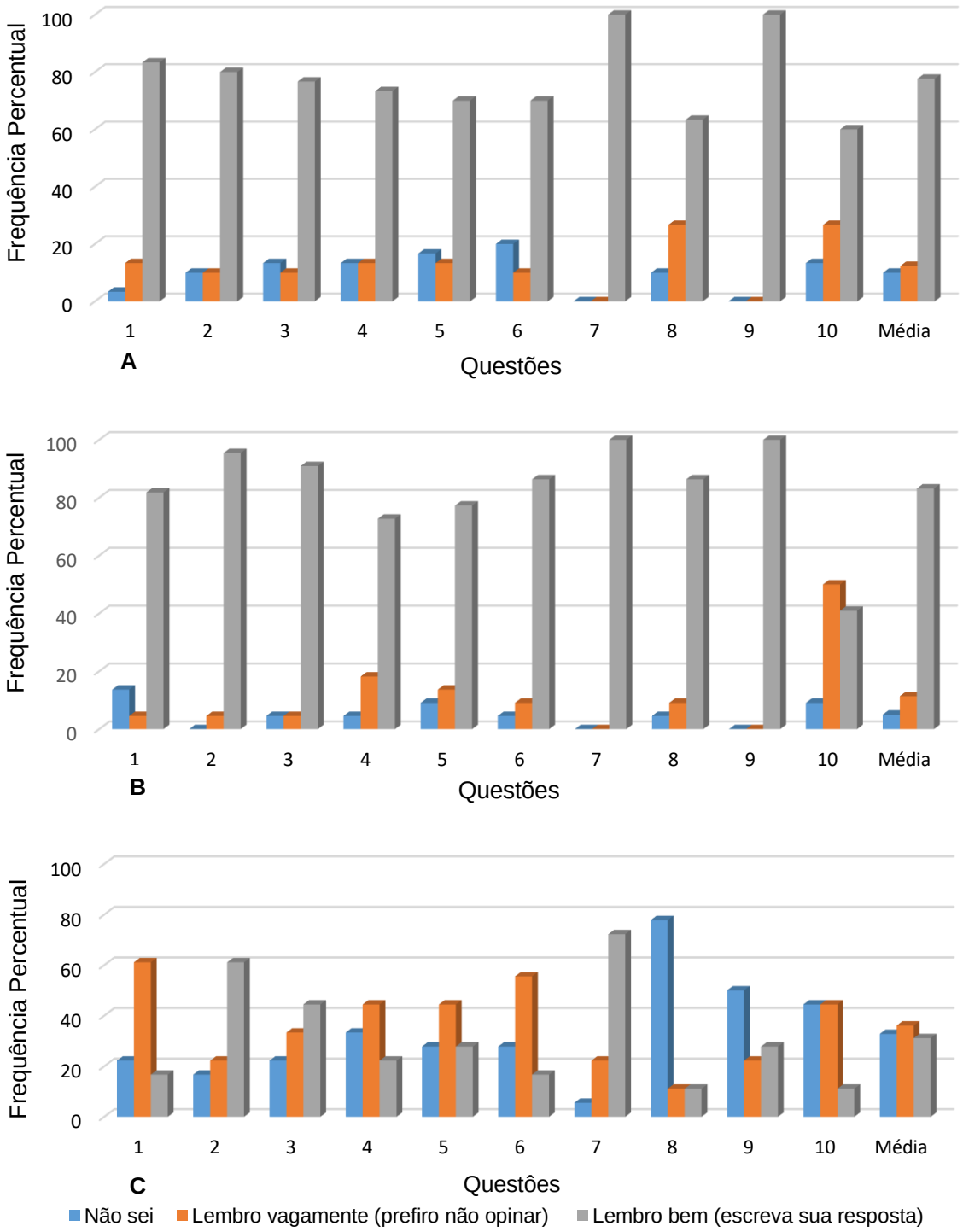
prática de forma equivalente, seja pela inviabilidade financeira, ou material. Durante as práticas lúdicas foi possível notar o mesmo empenho dos estudantes em relação às práticas anteriores corroborando com os teóricos como Gomes *et al.* (2017) que defendem a utilização de modelos didáticos em sala 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.

Na figura 5.12, foi verificada a percepção das respostas dos estudantes após as práticas lúdicas da PCR e Eletroforese. Os dados observados nas respostas das questões de 1 a 5 (PCR) e de 6 a 10 (eletroforese) foram bastante satisfatórios com a maior média percentual total dos estudantes que marcaram a opção “lembro bem” no Profissionalizante (83,18) e no Regular (77,67). Enquanto na EJA apenas 31,11% marcaram essa opção.

No Regular e no Profissionalizante, o resultado da percepção demostrou 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 5.12). Este resultado evidenciou uma realidade diferente daquela encontrada na pré-intervenção (**Figura 5.1**) para a PCR e Eletroforese, que passaram a fazer parte do conhecimento dos alunos.

Figura 5.12 Percepção dos estudantes de 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), envolvendo práticas lúdicas da PCR e Eletroforese.



Questões abertas: **1.** O que significa e em que se baseia a PCR? **2.** Qual o aparelho utilizado para realizar a PCR? **3.** Qual o material necessário para realizar a PCR? **4.** Qual a relação da PCR com a replicação do DNA? **5.** Qual o motivo do uso da TAQ Polimerase na PCR? **6.** Em que se baseia a eletroforese? **7.** Qual a carga elétrica da molécula do DNA? **8.** Qual o nome do gel usado na eletroforese? **9.** Para qual polo as bases nitrogenadas são atraídas na cuba de eletroforese? **10**. Cite o nome do corante usado na eletroforese.

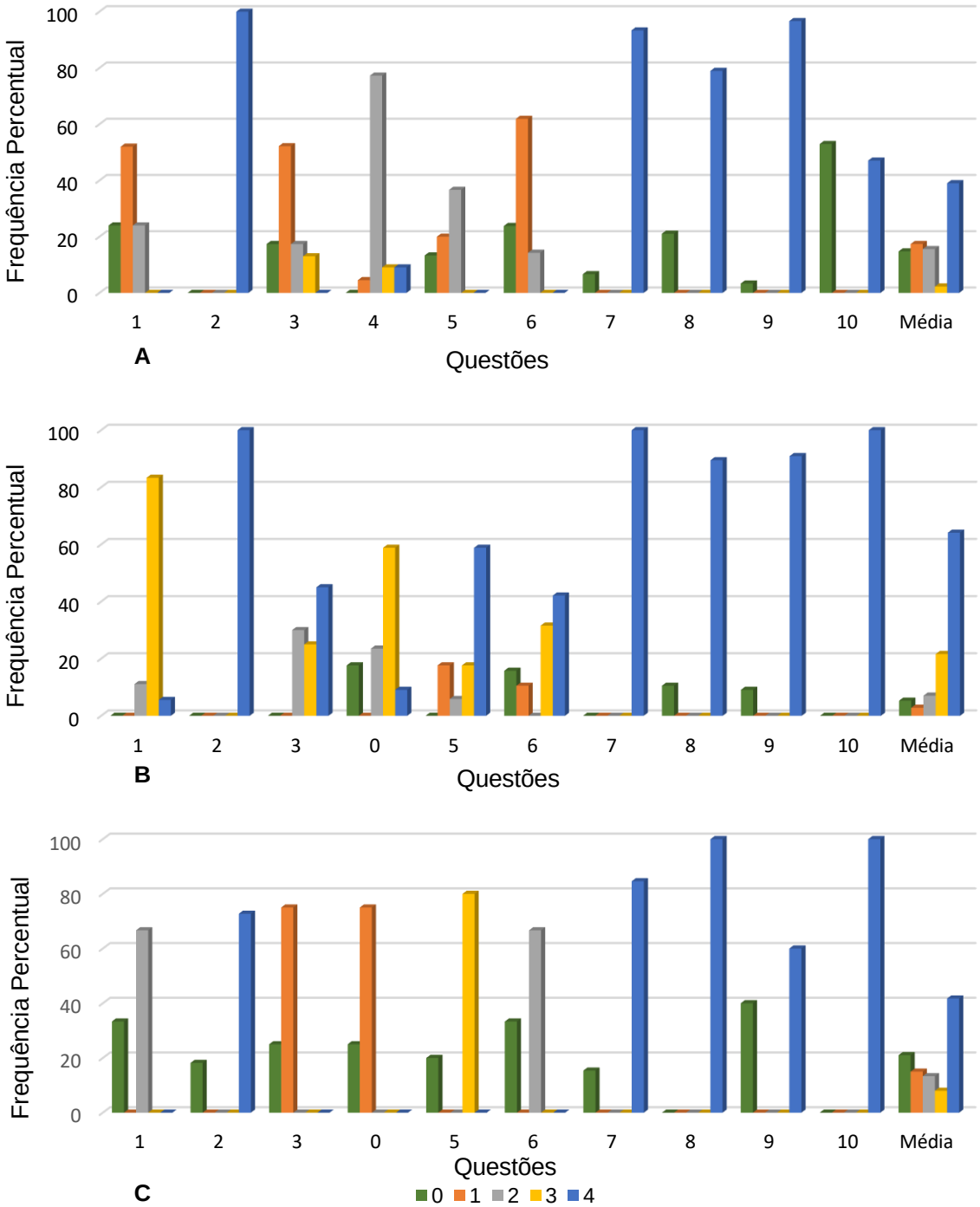
Na Figura 5.13, a porcentagem das classes de 0 a 4 nas questões aplicadas após as práticas lúdicas da PCR e eletroforese foi avaliada. Mesmo apresentando todas as classes de respostas para as três escolas, a maior média percentual foi para a classe 4 em todas as escolas com destaque para o Profissionalizante (64,10). O resultado das duas classes (3 e 4) mostrou respostas satisfatórias e excelentes em 85,73 no Profissionalizante; 49,73 na EJA e 41,29 no Regular.

A maioria das questões (1, 3, 4, 5, 6 e 10) dos estudantes do Regular apresentou a maior porcentagem das respostas nas classes 0 a 2 e as questões 2, 7, 8 e 9 na classe 4. No profissionalizante, 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 5.13**). Os resultados de percepção (**Figura 5.12**) foram discordantes no Regular, pois os resultados avaliativos não foram tão bons quanto o esperado, e na EJA ocorreu o contrário. Enquanto no profissionalizante os dados da percepção e avalição foram correspondentes com a opção “lembro bem”.

A presença das outras classes de 0 a 2 pode 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.

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: “Porque ela 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).

Figura 5.13 Questionário avaliativo dos alunos 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.** O que significa e em que se baseia a PCR? **2.** Qual o aparelho utilizado para realizar a PCR? **3.** Qual o material necessário para realizar a PCR? **4.** Qual a relação da PCR com a replicação do DNA? **5.** Qual o motivo do uso da TAQ Polimerase na PCR? **6.** Em que se baseia a eletroforese? **7.** Qual a carga elétrica da molécula DNA? **8.** Qual o nome do gel usado na eletroforese? **9.** Para qual polo as bases nitrogenadas são atraídas na cuba de eletroforese? **10**. Cite o nome do corante usado na eletroforese. **Classe 0** (sem resposta); **Classe 1** (resposta pobre/sem informação); **Classe 2** (resposta fraca); **Classe 3** (resposta satisfatória) e **Classe 4** (resposta excelente).

Ressalta-se que as práticas (lúdicas e experimental) aplicadas durante a SEI no presente estudo não foram o objetivo final, mas o meio que auxiliou os estudantes a desenvolverem seu posicionamento crítico e investigativo diante de problematizações; trabalhos em grupo de forma colaborativa e participativa; além de elaborarem e testarem hipóteses a partir da aquisição de habilidades conceituais, procedimentais e atitudinais (SOUZA Jr, 2014). Além disso, Barcelos *et al.* (2019) defendem que para a criação de um ambiente investigativo é preciso tirar o foco do experimento, por si só, dando ênfase à resolução de problemas através da prática experimental.

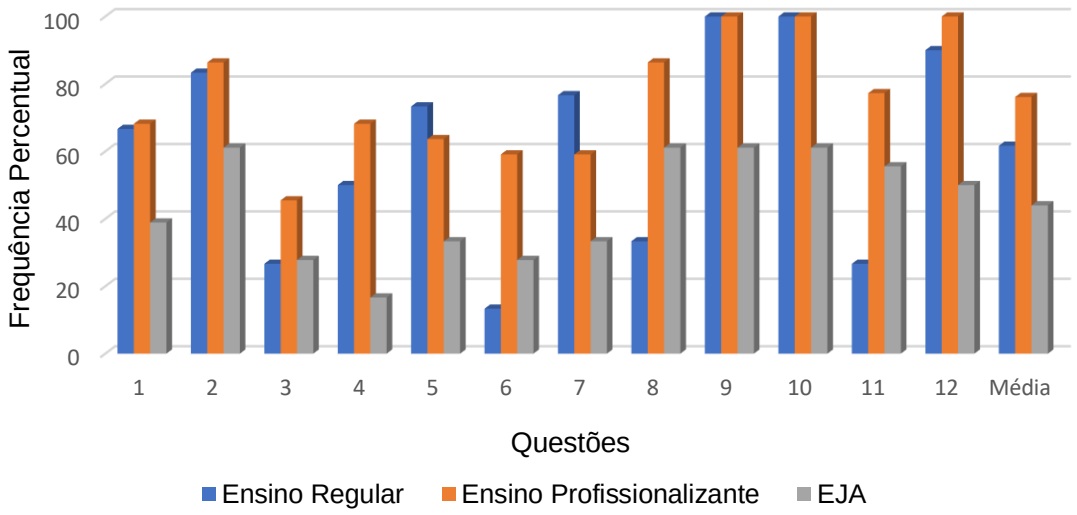
5.6 Pós-teste e ganho normalizado de aprendizagem (*g*)

Após a aplicação de todas as etapas da SEI, os alunos responderam a um pós-teste com questões fechadas, com todos os conteúdos e temáticas abordados para verificar se a SEI auxiliou na aquisição de conteúdos conceituais do processo de ensino-aprendizagem.

A média percentual total de acertos foi de 76,14 no Profissionalizante; 61,67 no Regular e 43,98 na EJA (**Figura 5.14**). A maioria das questões nas duas primeiras escolas apresentaram médias ≥ 50%, enquanto na EJA metade das questões mostraram este resultado. Destacam-se as questões 9 (teste de paternidade) e 10 (trabalho pericial) com 100% de acertos nas duas primeiras escolas, além da questão 12 (Eletroforese) com 100% de acertos no Profissionalizante. Na EJA, a maior porcentagem de acertos (61,11) foi observada nas questões 2, 8, 9 (teste de paternidade) e 10 (trabalho pericial). O resultado evidenciou que a maioria dos estudantes melhoraram o desempenho e a compreensão sobre a estrutura do DNA, etapas do teste de paternidade, microssatélites, trabalho pericial, PCR e eletroforese, sendo capazes de apresentar soluções para situações reais ou fictícias.

Sobre os erros observados, houve dificuldade dos alunos em compreender determinados assuntos e usá-los posteriormente diante de um questionário. A questão 6, por exemplo, que aborda a PCR, possui um grau de complexidade de termos maior que as demais questões sobre a técnica. Na questão 11, provavelmente os alunos erraram devido a interpretação da questão no que diz a palavra “exceto”.

Figura 5.14 Percentual de acertos no pós-teste em questões objetivas realizadas pelos estudantes de três escolas públicas estaduais de Ensino Regular, Profissionalizante e Educação de Jovens e Adultos - EJA no município de Canto do Buriti (PI) em relação à Forense e a Biologia Molecular.



Questões objetivas: 1. Estrutura do DNA. **2**. Etapas do teste de paternidade. **3**. Função do álcool gelado na Extração do DNA **4.** Técnicas de análise do DNA em Genética Forense. **5**. Conceitos básicos sobre microssatélites. **6.** Princípios da PCR. **7.** Reagentes e aparelho da PCR. **8 e 9.** Observação das bandas de teste de Paternidade. **10 e 11.** Materiais biológicos utilizados no trabalho pericial. **12.** Princípios da eletroforese de DNA.

Algumas questões idênticas foram respondidas pelos alunos na pré-intervenção e no pós-teste e foram selecionadas para avaliar o ganho de aprendizagem (*g*) segundo Hake (1988). O *g* permite avaliar o quanto as turmas envolvidas em atividades de aprendizagem progrediram na compreensão de determinado tópico.

No presente estudo, o *g* foi médio ($0,30 \leq g < 0,70$) no ensino Regular ($g = 0,57$) e Profissionalizante ($g = 0,55$) e foi baixo ($g < 0,30$) na EJA ($g = 0,26$). Em termos individuais, as questões das duas primeiras escolas apresentaram valores de *g* alto ($g \geq 0,70$) e/ou médio, exceto para a questão 2 (função dos reagentes na extração do DNA) com *g* baixo, o que evidenciou que os estudantes ainda trocam alguns conceitos diante do confronto com questionários objetivos (**Tabela 5.1**).

Tabela 5.1 Percentual de acertos (pré e pós-teste) e o ganho normalizado de aprendizagem (*g*) de três escolas públicas estaduais de Ensino Regular, Profissionalizante e Educação de Jovens e Adultos - EJA no município de Canto do Buriti (PI).

Questão	**Número**	**Ensino Regular**			**Ensino Profissionalizante**			**EJA**		
		Pré-teste	**Pós-teste**	***g***	**Pré-teste**	**Pós-teste**	***g***	**Pré-teste**	**Pós-teste**	***g***
	1	13,33	66,67	61,54	31,82	68,18	53,33	16,67	38,89	26,67
	2	33,33	26,67	-10,00	22,73	45,45	29,41	11,11	27,78	18,75
Objetiva	3	6,67	73,33	71,43	31,82	63,64	46,67	22,22	33,33	14,29
	4	33,33	76,67	65,00	22,73	59,09	47,06	11,11	33,33	25,00
	5	66,67	100,00	100,00	27,27	100,00	100,00	22,22	61,11	50,00
Total				**57,59**			**55,29**			**26,94**

g - valores para ganho normalizado de aprendizagem, segundo Hake (1998): baixo ($g < 0,30$), médio ($0,30 \leq g < 0,70$) e alto ($g \geq 0,70$). **Questões Objetivas: 1.** Estrutura do DNA. **2.** Função do sal de cozinha na extração do DNA. **3.** Conceitos básicos sobre microssatélites do tipo STR (repetições curtas em tandem). **4.** Reagentes e aparelho da PCR. **5.** Observação das bandas de teste de Paternidade.

Na EJA, todas as questões apresentaram *g* baixo, exceto a questão 5 com *g* médio. Segundo Pereira *et al*. (2018), os estudantes da EJA alegam a complexidade dos assuntos da Biologia como a principal causa de suas dificuldades. Taracido *et al*. (2015) explicam que as dificuldades da EJA estão principalmente na compreensão de leituras de textos e questões, fazendo que a maioria desses estudantes não consigam responder a questionários contextualizados como esperado como os estudantes de outras modalidades de ensino.

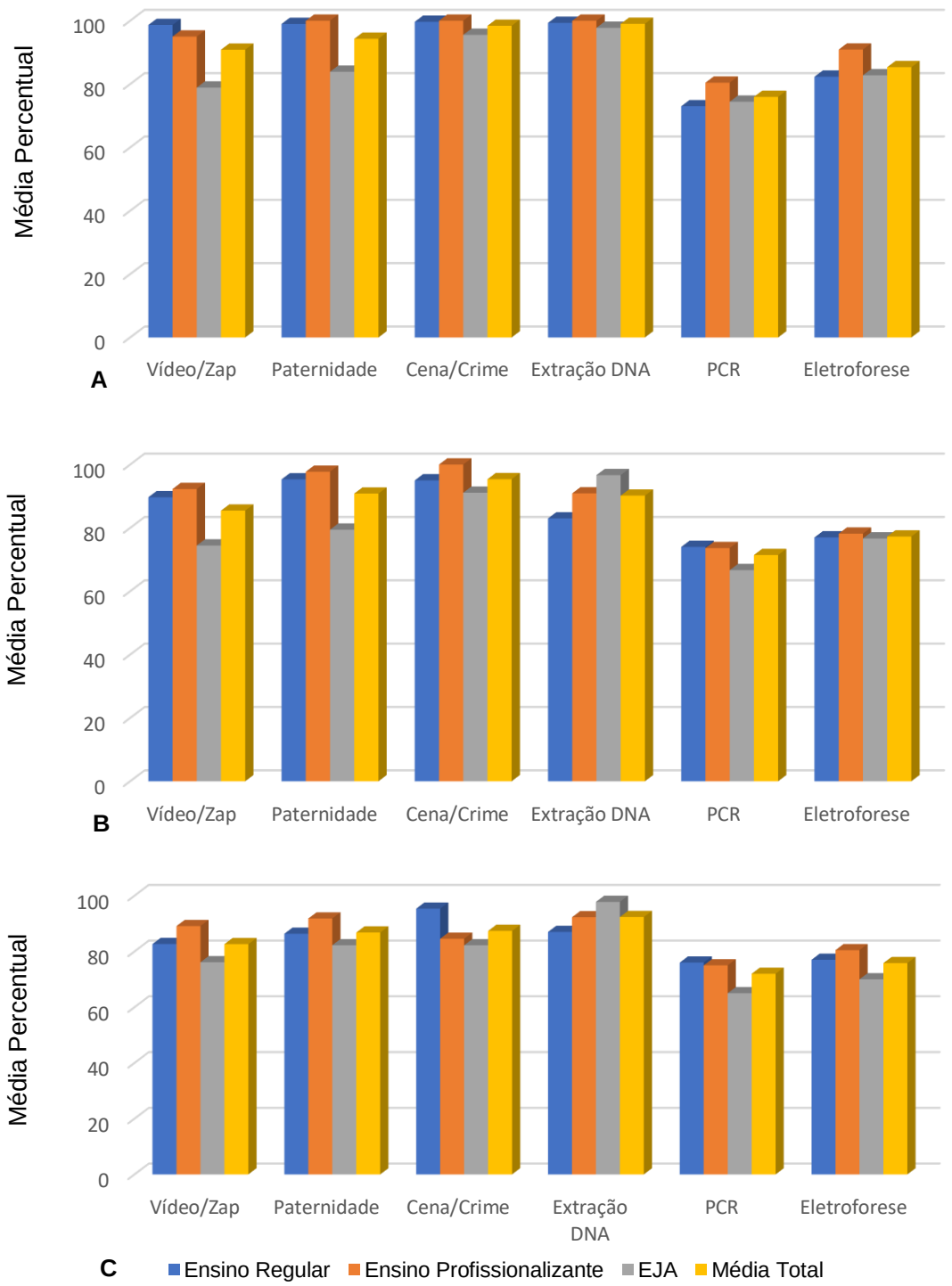
Mesmo os alunos apresentando o *g* de baixo a médio nas escolas citadas, ressalta-se que o aluno contemporâneo não é um depósito, onde o professor insere as informações pelas Sequências Didáticas e o mesmo aprende tudo de forma automática. É preciso observar os ganhos ao longo do processo e a percepção desse aluno, como ele reage a determinada interação educacional e quais competências ele desenvolve durante a ação.

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

5.7 Análise do “Feedback” para as metodologias propostas.

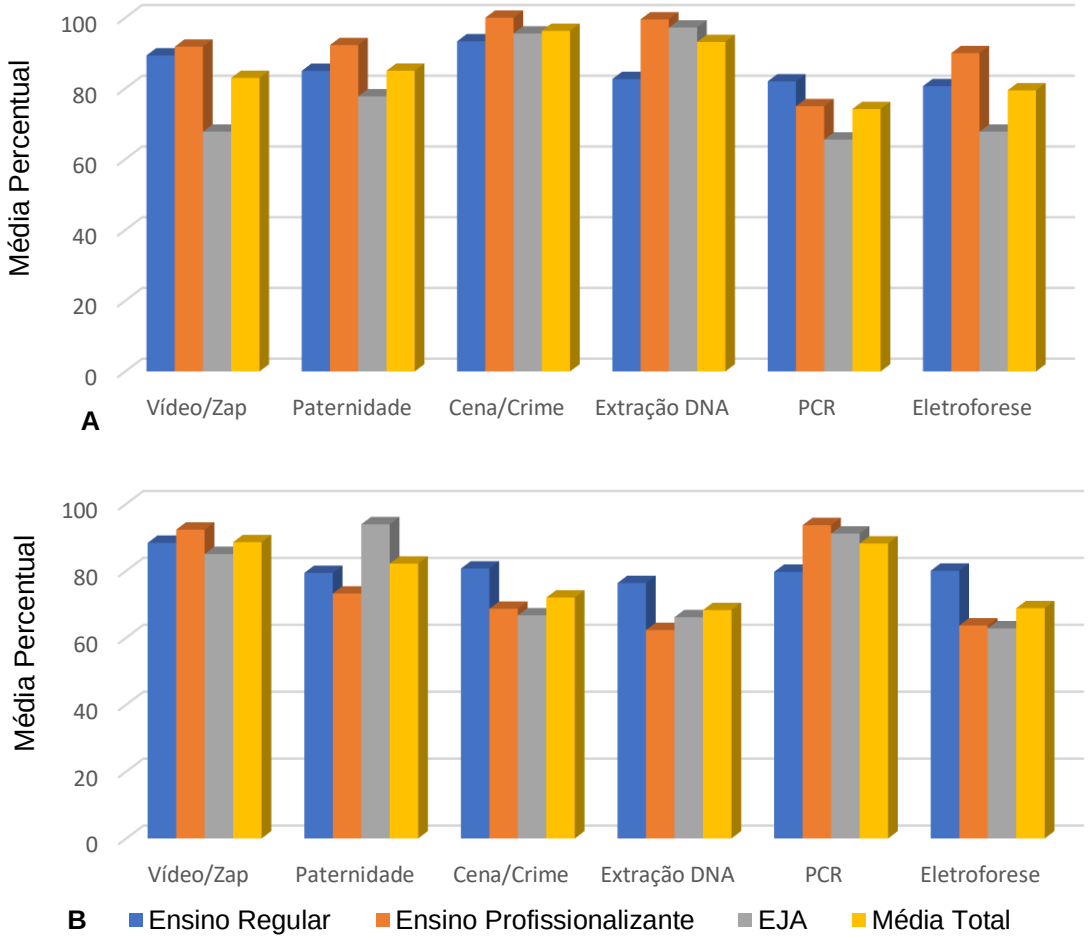
As metodologias utilizadas (Vídeos e WhatsApp; Paternidade/Criminalística; Cena do crime; Extração do DNA; PCR e Eletroforese) tiveram médias percentuais totais variando de 75,96 a 99,04 (**Figura 5.15 A**). O nível de satisfação das metodologias variou de 71,43 a 95,37 (**Figura 5.15 B**). Na contribuição da metodologia utilizada para a aprendizagem da genética forense, a média variou de 72 a 92,35 (**Figura 5.15 C**). No nível de interesse durante a aplicação das metodologias, a média variou de 74,19 a 96,30 (**Figura 5.16 A**). No nível de dificuldade em compreender e executar a atividade proposta, a média variou de 68,24 a 88,54 (**Figura 5.16 B**).

Figura 5.15 Média percentual das respostas do feedback para cada metodologia utilizada (A), nível de satisfação (B) e contribuição das metodologias (C) pelos estudantes 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).



Os resultados referem-se à análise da porcentagem para 5 questões respondidas pelos estudantes das três escolas.

Figura 5.16 Média percentual das respostas do feedback para avaliar o nível de interesse (A) e o nível de dificuldade (B) das metodologias utilizadas pelos estudantes de três escolas públicas estaduais de Ensino Regular, Profissionalizante e Educação de Jovens e Adultos - EJA no município de Canto do Buriti (PI).



Os resultados referem-se à análise da porcentagem para 5 questões respondidas pelos estudantes das três escolas.

De forma geral, a Extração do DNA apresentou a maior média total como metodologia utilizada e na contribuição da metodologia. A Cena do crime se destacou com as maiores médias quanto ao nível de satisfação e nível de interesse. Enquanto o maior nível de dificuldade foi para o Vídeo/Zap, os estudantes tiveram dificuldades em escolher os vídeos. Incialmente eles o faziam sem muito critério, com o auxílio da professora foi possível melhorar e aos poucos eles foram desenvolvendo a técnica da filtragem dos vídeos. A PCR apresentou as menores porcentagens nos 4 parâmetros avaliados (metodologia utilizada; nível de satisfação; contribuição da metodologia e nível de interesse).

Todo o “caminho” percorrido pelo estudante desde a criação da imagem de um suposto pai ou criminoso, a coleta de material biológico, a extração do DNA, e a análise desse material, feitos experimentalmente ou de forma lúdica foi bastante positiva para os estudantes que realizaram a SEI. Sendo assim, aplicação da SEI contribuiu para que os estudantes das três escolas conseguissem relacionar o ensino das técnicas da Biologia Molecular aplicadas a Forense com questões do seu interesse e do seu cotidiano, aproximando-se da ciência. Além disso, esses estudantes passaram a compreender os processos e técnicas referentes à biologia molecular visualizando-as de forma mais concreta, podendo a partir de agora posicionar-se criticamente frente a questões do dia-a-dia ou assistindo às séries e filmes policiais.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao analisar a percepção e o conhecimento prévio dos estudantes com um questionário diagnóstico, percebeu-se que os mesmos apresentavam dificuldades nas diferentes etapas da biologia molecular aplicadas a Forense, principalmente quanto às técnicas como PCR, microssatélites e eletroforese, porém esses estudantes demonstraram bastante interesse pela proposta de aplicação da SEI pela professora.

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, ao invés de recebê-lo pronto, bem como foi bastante eficaz para a visualização mais concreta dos fenômenos e técnicas estudados, diminuindo o nível de abstração.

Ao investigar as situações-problemas de paternidade, criarem a cena de um crime, e realizarem a manipulação experimental e lúdica do material genético, os estudantes tiveram a oportunidade de levantar hipóteses, testá-las, argumentar frente aos colegas, 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 as suas competências.

As questões realizadas após cada etapa da SEI mostraram que os alunos melhoraram a percepção e a compreensão, principalmente nas relacionadas com a extração do DNA, situação de paternidade/criminalística e cena do crime. A análise dessas questões e das falas nas interações discursivas (presenciais e no grupo do WhatsApp) evidenciaram que muitos alunos conseguiram apresentar um argumento satisfatório para os questionamentos. A análise do pós – teste evidenciou acertos de 43% a 77% das questões, resultado bastante satisfatório mediante as diferentes realidades das três escolas onde a SEI foi aplicada (Ensino Regular, Profissionalizante e EJA).

A partir dos valores de *g* foi evidenciado que a SEI auxiliou no processo de ensino-aprendizagem na maioria das questões avaliadas. Enquanto, no questionário feedback, foi verificado que a SEI teve boa aceitação pelos alunos como metodologia

para o aprendizado da biologia molecular aplicada a Forense. Durante a aplicação da SEI, foi possível observar o empenho e envolvimento dos alunos em buscar as respostas para as perguntas motivadoras a partir do uso das metodologias empregadas.

Assim, destaca-se a importante necessidade do uso de metodologias ativas incorporadas a 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 alunos possam atribuir maior significado aos conteúdos que estão sendo ensinados, superando o ensino meramente informativo, descontextualizado e fragmentado.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, E. F OLIVEIRA, E. C.; LIMA, A. G.; ANIC, C. C. Cinema e Biologia: a utilização de filmes no ensino de invertebrados. **Revista da Associação Brasileira de Ensino de Biologia**, v. 12, n. 1, p. 3-21, 2019.

AMORIM, D. C.; ROSA, G. R; MONTENEGRO, S. C S. O uso de vídeos como recurso didático pedagógico no PIBID biologia da UFAL no contexto do novo ENEM. **Revista Eletrônica de Educação de Alagoas,** v. 3, n 1, p. 56-68, 2015.

ANDRADE, M. L. F.; MASSABNI, V. G. O desenvolvimento de atividades práticas na escola: um desafio para os professores de ciências. **Ciência & Educação**, v. 17, n. 4, p. 835-854, 2011.

ARAÚJO, M. I. O. BIZZO, N. 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. 125-138, 2015.

ÁVILA, S. G.; MATOS, J. R. Compostos coloridos do ferro: uma proposta de experimentação utilizando materiais de baixo custo. **Educación Química**, v. 28, n. 4, p. 254-261, 2017.

BARBOSA, P. P.; MACEDO, M.; URSI, S. Uso das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) no ensino contextualizado de “Fotossíntese”: uma proposta para o Ensino Médio. **Revista da Associação Brasileira de Ensino de Biologia,** v. 9, n. 2014, p. 7878-7889, 2016.

BARCELLOS, L. S.; GERVÁSIO, S. V.; SILVA, M. D. A. J.; COELHO, G. R. 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**, v. 19, n. 1, p. 36-65, 2019.

BARCELLOS, L. S; COELHO, G. C. 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. 177-199, 2019.

BERLEZE, J. E.; ANDRADE, M. A. B. **O uso de aulas práticas no ensino da biologia**. In. Desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor. Cadernos PDE, 2013.

BONISSON, S. A. S.; FERREIRA, L. B.; MENOLLI JUNIOR, N. Sequência de ensino investigativa sobre antibióticos baseada em competências e habilidades do PISA. **Revista Ciências & Ideias.** v. 10, n. 2, p. 231-253, 2019.

BORBA, M. C.; OECHSLER, V. Tecnologias na educação: o uso dos vídeos em sala de aula. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia** v. 11, n. 2, p. 181-2013, 2018.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais. Médio (PCNEM)**. Brasília. MEC, 2017.

_____ LDB. Lei 9394/96 – **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Disponível em < www.planalto.gov.br >. Acesso em: 25 Out. 2018.

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

CAMARGO, W. A. R. **A videoaula como instrumento pedagógico no ensino universitário: Telessaúde em foco.** Dissertação (Mestrado – Programa de Pós – Graduação em Educação) - Universidade Católica de Santos, Santos, 2015.

CARMINATTI, N. L.; CLEMENT, L. 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.

CARNEIRO, J. M. T.; SILVA, J. F.; ROCHA, A.; DIB, L. A. R. Building a better measure of business performance. **Revista de Administração Contemporânea,** v. 1, n. 2, p. 114-135, 2007.

CARVALHO, A. C.; PEIXE, B. C. Estudo para agnóstico dos laboratórios de biologia, física e química: escolas de ensino médio da rede pública estadual do núcleo regional de Curitiba Formulação e Gestão de Políticas Públicas no Paraná. Cascavel. **Editora da Universidade Estadual do Oeste do Paraná** v.1, n. 1 p.33-50. 2010.

CARVALHO, A. M. P. **Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula.** São Paulo: Editora Cengage Learning, 2013. cap. 5, p.1-2.

CARVALHO, A. M. P. Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 3, p. 765-794, 2018.

CAVALCANTE, F. S. A.; FREITAS, J. F.; COUTO, C. A.; TAVARES, G. D. S. B.; NOGUEIRA, P. G.; LIMA, R. A. 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.

CEOLIN, I; CHASSOT, A. I.; NOGARO, A. Ampliando a alfabetização científica por meio do diálogo entre saberes. **Revista Fórum Identidades,** v. 18, p. 13-34, 2015.

COSTA, C.; MARTINS, I. P. Educação em ciências no primeiro ciclo do ensino básico para desenvolvimento sustentável. **Indagatio Didactica**, v. 8, n. 1, p. 30-45, 2016.

CREPALDE, R. S.; AGUIAR JÚNIOR, O. G. A formação de conceitos como ascensão do abstrato ao concreto: da energia pensada à energia vivida. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 18, n. 2, p. 299-325, 2016.

CRUZ, A. A. S.; RIBEIRO, V. G.; LONGHINOTTI, E.; MAZZETTO, S. E. A Ciência Forense no ensino de Química por meio da experimentação investigativa e lúdica. **Química Nova na Escola**, v. 38, n. 2, p. 167-172, 2016.

ESCODINO, D. A.; GÓES, A. C. S. Alfabetização científica e aprendizagem significativa: situação de alunos de escolas estaduais do Rio de Janeiro com relação a conceitos de biologia molecular. **Investigações em Ensino de Ciências,** v. 18, n. 3, p. 563-579, 2016.

FANTIN, M. Crianças, dispositivos móveis e aprendizagens formais e informais. **Educação Temática Digital**, v. 20, n. 1, p. 66-80, 2018.

FELIPPE, M. G.; DA SILVA, A. F. G. Prática teatral no ensino de ciências: limites e possibilidades. **Educação & Formação**, v. 2, n. 5, p. 147-163, 2017.

FERREIRA, A. Despertando o olhar científico no ensino de biologia para jovens e adultos (EJA). **Revista Areté: Revista Amazônica de Ensino de Ciências**, v. 8, n. 17, p. 156-166, 2017.

FERREIRA, V. P.; VIANA, A. P.; OLIVEIRA, A. E. A. Impacto do laboratório didático na melhoria do ensino de ciências e biologia em uma escola pública de campos dos

Goytacazes/RJ. **Revista Conexão Universidade Estadual de Ponta Grossa**, v. 9, n. 1, p. 84 -93, 2013.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia.** 56. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2018.

FURUZAWA, C. P. **Comunicação e indústria audiovisual: crime, compensação simbólica e outras questões sobre as séries policiais televisivas.** Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Comunicação Social) - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

GÓES, F. S. N.; CAMARGO, R. A. A.; FONSECA, L. M. M.; OLIVEIRA, G. F.; HARA, C. Y. N; FELIPE, H. R.; CALDAS, N. B. Avaliação de tecnologia digital educacional "sinais vitais e anatomia" por estudantes da educação profissionalizante em enfermagem. **Revista Mineira de Enfermagem,** v. 19, n. 2, p. 37-50, 2015.

GOMES, J. A.; LIMA, R. V. G. 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.

GOMES, P. W. P.; SOUZA, R. F. O uso de um laboratório portátil com materiais reciclados nas aulas práticas de ciências naturais. **Revista Areté: Revista Amazônica de Ensino de Ciências,** v. 10, n. 22, p. 74-83, 2017.

GRIFFIN, K. A., GRIFFIN, S. Development of disease-specific quality of life measurement tools. **Arthroscopy**, v. 19, n. 10, p. 1121-1128, 2003.

GÜNZEL, R. E.; MARSANGO. D.; BOTH, M.; SANTOS, E. G. Os filmes na escola: um instrumento de ensino e aprendizagem**. Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista**. v. 9, n. 3, p. 112-122, 2019.

HAKE, R. R. Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. **American Journal of Physics**, v. 66, n. 1, p. 64-74, 1998.

LIMA, M. M. O. **Atividades práticas de biologia: o uso de uma sequência de ensino investigativa sobre o ciclo celular.** Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Biologia) – Universidade Estadual do Piauí, Teresina, 2019.

LIMA, M. S. L.; BRAGA, M. S. C. Relação ensino-aprendizagem da docência: Traços da pedagogia de Paulo Freire no Ensino Superior. **Educar em Revista**. v. 32, n. 61, p. 71-88, 2016.

MACHADO, C. 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.

MARTINS, A. M.; DA SILVA, D. M.; SANTOS, M. P. Percepções de alunos e professores sobre as aulas práticas de ciências em escolas estaduais de Formosa (GO). **Scientia Naturalis,** v. 1, n. 3, p. 37-51, 2019.

MASCARENHAS, A. M. J. O; SILVA, V. D. S. C; MARTINS, P. R. P; FRAGA, E. C.; BARROS, M. C. Estratégias metodológicas para o ensino de genética em escola pública. **Pesquisa em Foco**, v. 21, n. 2, p. 5-24, 2016.

MEIRA, M. S. **O uso de modelos tridimensionais no ensino de embriologia humana: contribuição para uma aprendizagem significativa.** Tese (Doutorado – Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

MELLO, L. D. COSTALLAT, G. Práticas de processamento de alimentos: alternativas para o ensino de Química em escola do campo. **Revista Química Nova na Escola**, v. 33, n. 4, p. 223-229, 2011.

MONTIJA, F. C. S.; REIS, M. A.; ZENI, W.; SILVA, R. S. R.; JUNIOR, G. G. Abordagem Investigativa da Química Forense: Uso de Recursos Audiovisuais e Experimentação em um Estudo de Caso. **Revista Debates em Ensino de Química,** v. 5, n. 1, p. 65-73, 2019.

MORAES, V. C. S.; SANTOS, A. B. Implicações do uso de atividades experimentais no ensino de Biologia na escola pública. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 21, n. 1, p. 166-181, 2016.

NASCIMENTO, J. M.; MEIRELLES, R. M. Conectando saberes e ‘superpoderes’ para mediar tópicos em genética e saúde no ensino médio. **Revista Práxis,** v. 7, n. 14, p. 47-56, 2015.

NICOLA, J. A.; PANIZ, C. M. A importância da utilização de diferentes recursos didáticos no ensino de biologia. **Revista de Informação e Formação da Universidade Estadual Paulista**, São Paulo, v. 2, n. 1, p.355-381, 2017.

NICOLA, Jéssica Anese; PANIZ, Catiane Mazocco. A importância da utilização de diferentes recursos didáticos no Ensino de Ciências e Biologia. **Inovação e Formação - Revista do Núcleo de Educação a Distância da Unesp.,** v. 2, n. 1, p. 355-381, 2017.

OLIVEIRA, A. F. O jogo didático meta: construindo conceitos de Biologia celular e molecular. **Revista da Associação Brasileira de Ensino de Biologia,** v. 9, n. 1, p. 7742-7752, 2016.

OLIVEIRA, D.H.E.; PEREIRA, T. C. Reação em Cadeia Polimerase (PCR). **Genética na escola,** v. 14, n. 2, p. 88-97, 2019.

OLIVEIRA, F. S.; LACERDA, C. D.; OLIVEIRA, P. S.; COELHO, A. A.; 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, F. S.; LACERDA, C. D.; OLIVEIRA, P. S.; COELHO, A. A.; 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, P. W.; PINTO, F. S.; ALMEIDA, P. J. F.; COSTA, R. L.; BARBOSA, J. C.; SILVA, F. G. D. O.; MIRANDA, J. L. Uma proposta de contextualização teatral científica sobre qualidade do ar no ensino de química. **Scientia Naturalis**, v. 1, n. 4, p. 118-134, 2019.

OLIVEIRA, P. W.; PINTO, F. S.; ALMEIDA, P. J. F.; COSTA, R. L.; BARBOSA, J. C.; SILVA, F. G. D. O; MIRANDA, J. L. Uma proposta de contextualização teatral científica sobre qualidade do ar no ensino de química. **Scientia Naturalis,** v. 1, n. 4, p. 118-134, 2019.

OLIVEIRA, T. L. S. **Influência dos propósitos epistêmicos e das ações típicas do professor na promoção da argumentação em aula investigativa de ciências.** Tese (Doutorado – Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

PEIXE, P.D.; PINHEIRO, L.G.; ARAÚJO, M.F.F.; MOREIRA, S.A. Os temas DNA e Biotecnologia em livros didáticos de biologia: abordagem em ciência, tecnologia e sociedade no processo educativo. **Acta Scientiae,** v.19, n.1, p.177-191, 2017.

PEREIRA, R. J.; AGUIAR, A. S.; SOUSA.E. T. F.; HAGER, A. X; AZEVEDO, M. M. R. Avaliação de três metodologias de ensino em biologia na modalidade EJA em escolas do município de Santarém-PA. **Revista Eletrônica de Educação da Faculdade Araguaia**, v. 13 n. 2, p. 1-10, 2018.

PIAGET, J. A teoria de Piaget. **Psicologia da criança. Desenvolvimento Cognitivo**. São Paulo: E.P.U. v. 4, p. 71-117. 1975.

PINHATI, F. R. Eletroforese de DNA: Dos Laboratórios de Biologia Molecular para as Salas de Aula. **Química Nova Escola,** v. 37, n. 4, p. 316-319, 2015.

RAMOS, V. D. S.; AIRES, R. M.; GÓES, A. C. S. O princípio elementar de Mendel aplicado a um teste de paternidade: Uma simulação a partir do triangulo amoroso de Dom Casmurro. **Genética na Escola,** v. 13, p. 72- 103, n 1. 2018.

SÁ, E. F. **Discursos de professores sobre ensino de Ciências por Investigação.** 2009. 203f. Tese (Doutorado – Programa de Pós-graduação em Educação) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

SANTIAGO, M. A. C.; SANTOS, M. S. 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, 2017.

SANTOS BRAGA, S.; MARTINS, L.; MELISSA CONRADO, D. A argumentação a partir de questões sociocientíficas na formação de professores de biologia. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 24, n. 2, 2019.

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

SEPEL, L. M. N. **Práticas de biologia celular e molecular para o ensino médio** [recurso eletrônico] – 1. Ed. – Santa Maria: Editora Pró-Reitoria de Extensão - UFSM, 2017. 23 p.

SILVA, J. B. 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,** v. 15, n. 2, 2017.

SOUSA, E. S.; NUNES JUNIOR, F. H.; CAVALCANTE, C. A. M.; HOLANDA, D. A. S. A genética em sala de aula: uma análise das percepções e metodologias empregadas por professores das escolas públicas estaduais de Jaguaribe Ceará. **Conexões Ciência e Tecnologia,** v. 10, n. 4, p. 16-24, 2016.

SOUSA, T. N.; CHUPIL, H. A contribuição dos jogos lúdicos na aprendizagem de ensino da parasitologia em ciências e biologia. **Revista Uningá,** v. 56, n. 1, p. 47-57, 2019.

SOUZA JR, D. R. **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, Vitória, 2014.

SOUZA, N. L.; SILVA, P. A. F; MELO BARROS, M. A. Ensino de genética: aprendendo de forma lúdica. **Revista Vivências em Ensino de Ciências**, v, 2, n.2, p. 106, 2018.

SUDÉRIO, F. B.; NASCIMENTO, M. B.; SANTOS, C. P.; CARDOSO, N. S.; Tecnologias na educação: análise do uso e concepções no ensino de biologia e na formação docente. **Revista da Associação Brasileira de Ensino de Biologia,** v. 7, n 1, 7, p. 2004-2013, 2014.

TARACIDO, L. J.; CHAUVIE, D. B.; MARTÍNEZ, A. I. M. Análisis del control de la comprensión lectora en textos científicos en alumnos de Secundaria Obligatoria y Bachillerato. **Revista Complutense de Educación,** v. 27, n. 1, p. 285-307.

VEIGA-NETO, A. Olhares. In: COSTA, Marisa. V. (Org.). **Caminhos investigativos: novos olhares na pesquisa em educação.** Rio de Janeiro. DP &A, p. 23-38. 2002.

VILAS BÔAS, R. C.; JUNIOR, A. F. N.; SOUZA MOREIRA, F. M.. 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.

WEBER, F. C. D. As feiras de ciências escolares: um incentivo à pesquisa. **Scientia cum Industria,** v. 4, n. 4, p. 188-190, 2017.

WILSON, K.; WALKER, J. **Principles and Techniques of Biochemistry and Molecular Biology.** Cambridge University Press, 7. ed. New York: 2010.

XAVIER, C.; CAVALCANTI, D. 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, R M.O., YAMAZAKI, S. C., STUANI, G.C., SOUSA, N. M.História da biologia e sua articulação com uma atividade experimental: extração da molécula de DNA. **Enseñanza de las Ciencias,** v. 35, n. Extra, p. 3815-3820, 2017.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Revista Ensaio,** v. 13, n. 3, p. 67-80, 2011.

8. PRODUTO

O produto do Trabalho de Conclusão de Mestrado será uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI) em forense utilizando práticas da biologia molecular (Apêndice E), que possui potencial para o ensino de Biologia com enfoque investigativo. Através da realização das etapas sugeridas, os estudantes são estimulados a investigar e resolver as situações problemas criadas em todas as etapas. Além disso, a SEI permite aos alunos que busquem as soluções para os questionamentos levantados, o que estimula o pensamento crítico e a capacidade de argumentação.

A SEI, disponível aos docentes do Ensino médio, pode ser empregada como material de apoio, visando contribuir com a prática pedagógica e pode ser utilizada na abordagem dos conteúdos da Estrutura do DNA, Replicação, Técnicas de Biologia Molecular e Forense, previamente na apresentação do conteúdo, como forma de despertar o interesse dos estudantes para as aplicações da Biologia Molecular, ou após a apresentação do conteúdo como forma de fixação, aplicação e embasamento para discussões posteriores.

O produto pode ser utilizado também em aulas extraclasse que ocorram no contraturno. Dessa forma, a SEI pode ocorrer em um maior espaço de tempo sem comprometer o andamento normal das aulas.

Apêndice A*

PRODUTO DO MESTRADO

Apresentação

O processo investigativo no ensino de biologia tem o intuito de promover a aprendizagem que estimula a participação e o engajamento dos estudantes na construção do conhecimento. A concepção investigativa é conduzida a partir do levantamento de uma problemática, e durante a busca por essa solução, os estudantes serão levados a levantar hipóteses, testá-las e argumentar discursivamente sobre o seu posicionamento crítico, aproximando-se do método científico (CARVALHO, 2018; SASSERON, 2015).

A Sequência de Ensino Investigativa (SEI) apresentada será uma forma de despertar o interesse dos estudantes quanto as ferramentas aplicadas na forense, bem como melhorar argumentação, fixação, aplicação e embasamento para discussões entre os alunos e o professor. A sequência também poderá ser utilizada em aulas extraclasse que ocorram no contraturno, sem comprometer o andamento normal das aulas.

Duração:

- Um encontro de 1/h aula (50 min.)
- Seis encontros de 2 h/a (50 minutos cada).

Público - Alvo:

Alunos do 3° Ano do Ensino Médio

Problematização inicial

Como é possível a identificação de pessoas pelo DNA? Que ferramentas moleculares são utilizadas neste processo? Qual a importância e aonde a genética forense pode ser aplicada?

Objetivo Geral

Utilizar uma SEI sobre a genética forense, com modelos lúdicos e uma prática da biologia molecular, como elementos de integração de situações reais encontradas na sociedade e no cotidiano dos alunos, bem como avaliar a percepção prévia, aquisição do conhecimento e as concepções dos estudantes.

Objetivos Específicos

- Analisar a percepção e o conhecimento prévio dos alunos sobre as ferramentas moleculares utilizadas na genética forense;

- Utilizar recursos multimídias (YouTube) sobre as técnicas moleculares e compartilhar com a turma (WhatsApp), visando contextualizar o conteúdo a ser abordado antes, durante e após as aulas;
- Estimular os estudantes a investigar situações-problemas que utilizam as ferramentas moleculares na forense;
- Verificar a reflexão e o grau de entendimento dos estudantes em relação às problematizações criadas por meio da observação de interações discursivas.

Procedimentos

As etapas da SEI abordarão as seguintes estratégias: pré-intervenção; recursos multimídias (YouTube e WhatsApp) e análise forense (simulação da Paternidade e criminalística; extração de DNA; Reação de Polimerase em Cadeia e Eletroforese). Todas as etapas foram descritas a seguir.

Etapa 1: Pré-intervenção

O professor irá realizar a pré-intervenção com um questionário diagnóstico para verificar o grau de interesse e conhecimento básico dos estudantes sobre as técnicas moleculares utilizadas na forense. Em seguida, o professor deverá estimular os alunos a levantarem hipóteses, reflexões e questionamentos sobre as situações envolvendo a problemática geral, iniciando um momento de discussão no intuito de observar os conhecimentos prévios e o interesse da turma pela temática.

Os alunos serão divididos em seis grupos (cinco alunos por grupo) e cada grupo deverá pesquisar vídeos no YouTube durante uma semana sobre informações da estrutura do DNA (grupo 1), replicação do DNA (grupo 2); extração do DNA (grupo 3); marcadores moleculares do tipo microssatélites (grupo 4); PCR (grupo 5); eletroforese (grupo 6) e Genética Forense (todos os grupos), visando contextualizar o conteúdo a ser abordado durante as aulas. Essa etapa levará 1 h/a.

Etapa 2: Contextualização do conteúdo a ser abordado com a utilização de recursos multimídias.

A turma irá criar um WhatsApp (“Aluno-perito”) para facilitar a comunicação entre os alunos e o professor. Posteriormente, cada grupo irá enviar os vídeos ao professor, que irá selecionar os mais didáticos para que os alunos possam disponibilizar no WhatsApp. O professor irá estimular os alunos a participarem das discussões no grupo através de perguntas simples, aleatórias ou direcionadas. A turma irá escolher três colegas de classe que ficarão responsáveis pela manutenção do WhatsApp.

O WhatsApp será uma ferramenta útil para que o professor possa auxiliar os alunos quanto à escolha dos vídeos, bem como esclarecer as dúvidas e questionamentos sobre a genética forense e as etapas práticas a serem realizadas. O WhatsApp também será utilizado pelo professor para verificar as principais reações dos alunos mediante a realização das aulas lúdicas e da prática, e dessa forma avaliar se os objetivos propostos serão alcançados.

No dia da aula presencial, o professor irá solicitar que cada grupo apresente e explique a importância do vídeo aos demais grupos. Ao final de cada vídeo, o professor irá realizar uma aula dialogada, estimulando questionamentos e reflexões entre os alunos para verificar se eles compreenderam os conceitos e técnicas citadas nos vídeos. Durante as discussões com os grupos, o professor irá estimular os alunos a criarem situações hipotéticas que poderiam ser investigadas com essas técnicas na análise forense, pedindo aos alunos para citar exemplos do cotidiano dos mesmos. Essa atividade será realizada durante 2 h/a.

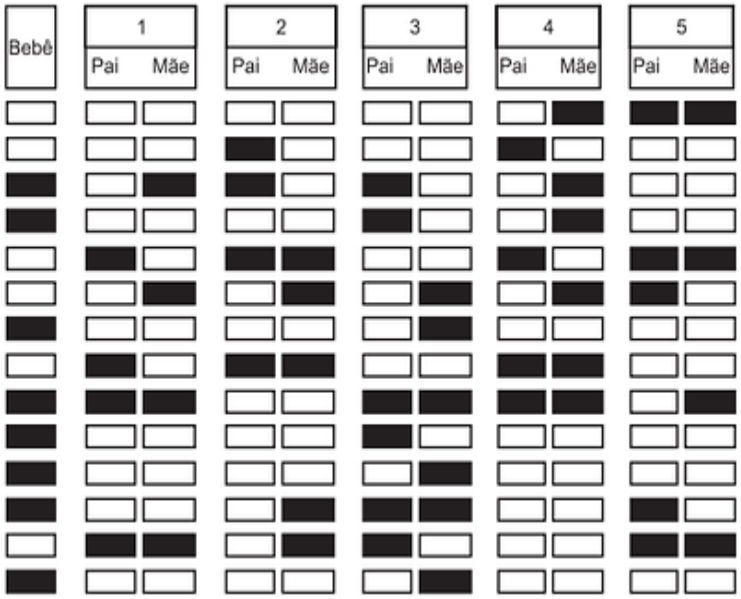
Etapa 3: Análise Forense

3.1 Simulação de Paternidade

O professor irá pedir aos alunos para investigar seis diferentes situações (uma por grupo) envolvendo a paternidade. Para a realização dessa atividade, o professor dará o prazo de uma semana para os alunos e levantará o seguinte questionamento: Como o grau de parentesco entre pessoas pode ser identificado através de um exame laboratorial?

No encontro seguinte, cada grupo irá expor as situações analisadas sobre a paternidade durante 10 min., evidenciando os microssatélites que correspondem à mãe, o filho e o suposto pai. Durante a apresentação, cada grupo irá estimular os colegas a verificarem quem é o suposto pai da criança. Neste momento, o professor irá avaliar qual a estratégia que cada grupo irá utilizar e quais as hipóteses utilizadas durante o processo de investigação da paternidade pelos alunos. Essa etapa será realizada durante 2 h/a. O professor pode utilizar diferentes imagens obtidas na internet pelos estudantes como a simulação de paternidade (Figura 1).

Figura 1. Simulação de paternidade obtida pelos estudantes na internet



Fonte: BRASIL (2013)

3.2 Criminalística

O professor irá discutir e orientar os alunos na construção da cena de um crime a partir da questão problema: Existem crimes perfeitos?

Para esse momento, os alunos terão uma semana para elaborar como será a cena e investigar como a perícia atua nestas situações. Durante essa semana, o professor irá auxiliar e tirar as dúvidas dos alunos pelo WhatsApp da turma ou presencial se houver necessidade.

Os alunos irão se dividir em seis grupos e cada grupo será responsável em delimitar a função específica dos mesmos para investigar e resolver o caso. No dia da aula, os alunos irão montar a cena do crime na própria sala de aula utilizando materiais simples e de baixo custo, como fita, cola, molho de tomate (simular o sangue), caneta hidrocor, etc. Na figura 2, uma cena foi montada em uma escola com os estudantes utilizando fita de segurança, molho de tomate, cadeiras, jaleco e uma tesoura.

Durante a aula, cada grupo com a sua função pré-definida irá conduzir como será o processo de investigação da cena do crime, evidenciando as provas, a coleta do material e outros pontos importantes para a resolução do crime. No momento da apresentação dos alunos, o professor irá questionar qual o objetivo de cada etapa realizada pelos grupos de forma a estimular a discussão entre os mesmos. Essa etapa será realizada durante 2 h/a.

Figura 2. Cena do crime montada pelos estudantes de 3° ano do ensino médio de uma escola estadual do município de Canto do Buriti (PI).

Fonte: A autora

3.3: Extração do DNA

Para a realização dessa atividade o professor poderá levantar o questionamento: Como é realizada a extração do DNA em laboratório?

O professor irá realizar a extração de DNA em laboratório com os alunos (seis grupos com cinco alunos) segundo a metodologia de Yamazaki, *et al. (*2017) com adaptações. A fruta utilizada será a banana por sua facilidade de aquisição e menor custo.

Cada grupo de alunos receberá todo material necessário:

- 1 banana
- 90 ml de água filtrada
- 3 g de sal de cozinha
- 10 ml de detergente
- 50 ml de álcool etílico gelado (pureza igual ou maior que 70); Gelo
- Copos de vidro, peneira, garfo, prato, colher, coador, palito de churrasco e banho-maria.

Os alunos darão início à prática, macerando a fruta com o garfo para formar uma pasta. No copo de vidro deverão preparar uma solução com 10 ml de detergente, 90 ml de água filtrada e 3 g de sal. A pasta obtida da maceração da fruta deverá ser misturada à solução.

Em seguida essa mistura deverá ser colocada em banho-maria a 60°C por 15 min.; após esse tempo a mistura deverá sofrer um choque térmico sendo colocada no gelo por 10 min. Passado esse tempo os alunos devem coar a mistura e adicionar o álcool gelado lentamente ao líquido coado.

Após alguns minutos de descanso ao realizar movimentos com o palito será possível visualizar o material genético como um chumaço de algodão (Figura 3). Todos os grupos irão realizar a prática de forma participativa sob a supervisão do professor e de um técnico de laboratório. Essa atividade será realizada durante 2 h/a.

Figura 3. DNA extraído da banana com aspecto de chumaço de algodão pelos estudantes de 3° ano do ensino médio de uma escola estadual do município de Canto do Buriti (PI).

Fonte: A autora. O chumaço branco apontado pelas setas indica o DNA.

3.4 Reação de Polimerase em Cadeia (PCR)

Durante a semana, os alunos irão investigar como o DNA que foi extraído na aula anterior pode ser amplificado e utilizado na forense. O professor dará uma dica, pois pedirá aos mesmos que façam um termociclador de forma artesanal segundo adaptação do método de Ramos *et al*. (2018). O protótipo (Figura 4) será construído utilizando uma caixa de plástico de 12 x 8,0 x 4,0 cm aproximadamente. Sobre essa caixa os alunos confeccionarão uma tampa de papelão, com o encaixe para 12 tubos eppendorfs, e também deverão fazer os botões e lâmpadas, utilizando cartolina de cores diferentes.

No dia da aula, os grupos irão explicar o funcionamento do aparelho e como ocorre à amplificação do DNA pela PCR. Após a explicação dos alunos, o professor irá levar peças lúdicas criadas por ele mesmo com massa de modelar para demostrar as partes que compõe a PCR e os alunos irão ser divididos em seis grupos para que os mesmos possam montar as peças para o funcionamento da PCR.

Figura 4. Termociclador artesanal confeccionado pelos estudantes de 3° ano do ensino médio de uma escola estadual do município de Canto do Buriti (PI).

Fonte: A autora

No mesmo dia, o professor irá levantar outro questionamento aos alunos: Como ocorrerá a migração das bandas amplificadas pela PCR? O professor iniciará uma discussão com os grupos que irão levantar hipóteses e sugestões sobre como resolver essa questão. Espera-se que no final da aula os alunos cheguem à conclusão que precisarão realizar a eletroforese do DNA. Para reforçar esse ponto, o professor pedirá aos alunos que revejam os vídeos sobre a eletroforese para a próxima aula. Essa atividade será realizada durante 2 h/a.

3.5 Eletroforese

O professor e os estudantes irão preparar uma prática lúdica para mostrar a migração do DNA na cuba de eletroforese (Figura 5), que permitirá a separação das regiões do DNA amplificadas pela PCR para verificar o número de repetições de cada um dos microssatélites dos indivíduos analisados. Durante esse momento, o professor irá questionar como a eletroforese separa e identifica o DNA, além de questionamentos sobre a função de cada material utilizado.

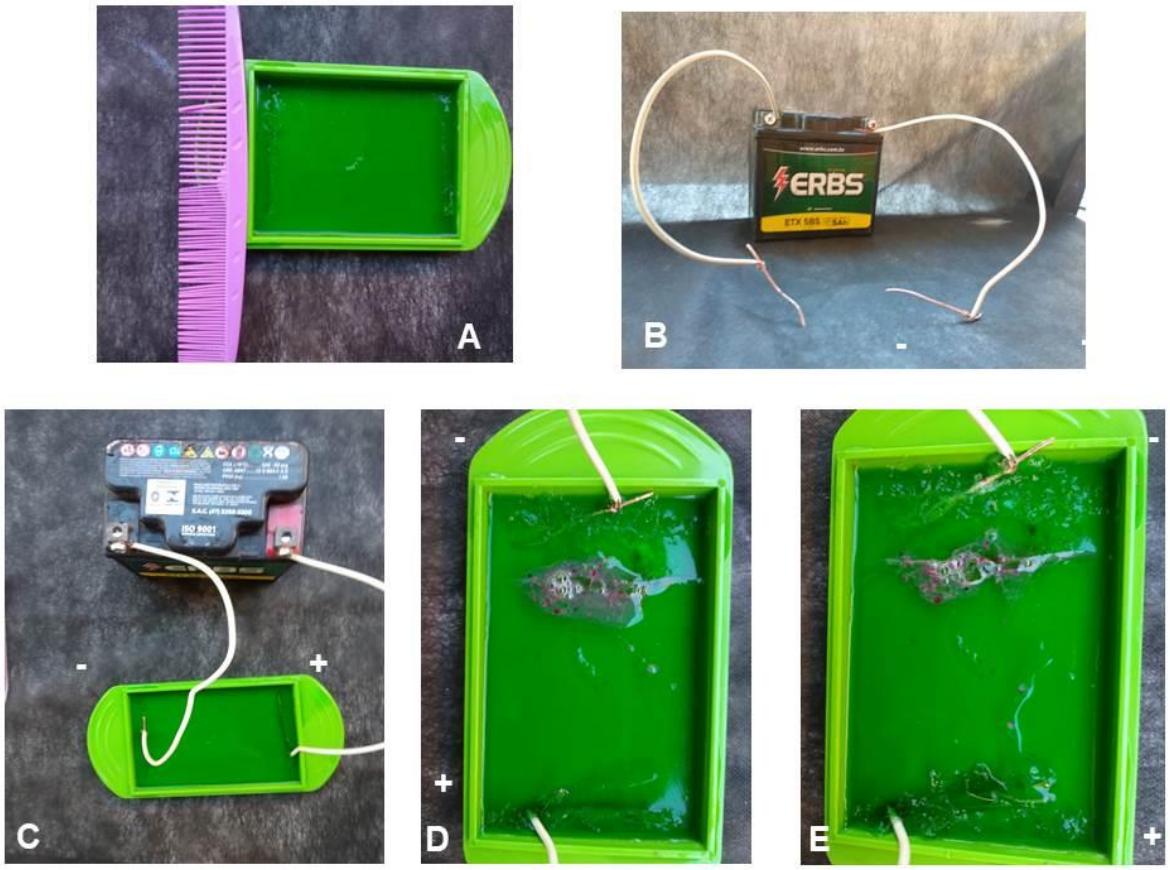
A prática será realizada mediante adaptação do protocolo de Pinhati (2015) como o seguinte material:

- 1 manteigueira (17,0 x 9,0 x 2,0 cm),
- 2 fios de cobre (6,0 cm),

- 2 fios de aço (14 cm),
- 1 pente,
- Fonte energética (bateria de motocicleta),
- Gelatina, preparada conforme as instruções da caixa,
- DNA retirado da banana segundo protocolo de Magalhães de Oliveira Yamazaki, *et al.* (2017),
- Corante para melhor visualização do DNA,
- Alicate,
- Estilete,
- Tesoura;
- Fita isolante.

Os fios de cobre e aço deverão ser usados para a formação de eletrodos, criando um polo negativo e um polo positivo. O pente de hastes será usado para moldar a gelatina e marcar onde será inserido o DNA extraído, devendo esse ser colocado no polo negativo.

Figura 5. Confecção da cuba de eletroforese pelo professor junto com os estudantes de 3° ano do ensino médio de uma escola estadual do município de Canto do Buriti (PI).



A. A gelatina deve ser preparada conforme as indicações da caixa, colocada na mantegueira e após ganhar consistência na geladeira, utiliza-se um pente para marcar o local da inserção do DNA. **B.** Corta-se 2 pedaços de 6 cm do fio de cobre e 2 pedaços de 14 cm do fio de aço, cada fio deve ser encaixado em um pólo da bateria, criando – se o polo positivo e o negativo. **C**. Os fios de cobre devem ser encaixados cuidadosamente em cada ponto da mantegueira. **D e E.** O DNA deve ser inserido no pólo negativo na cuba eletroforética para verificar a migração em direção ao polo positivo da cuba.

Fonte: A autora

Em seguida, serão apresentados aos alunos seis géis de eletroforese (um para cada grupo), impressos em folhas de papel retirados de questões de concurso e ENEM, para que eles verifiquem pelo padrão de bandas, situações referentes à paternidade e a criminalística. No final, cada grupo irá explicar como eles chegaram as suas conclusões. A atividade total dessa etapa será realizada durante 2 h/a.

Considerações sobre a SEI

O uso de metodologias ativas para o ensino tem se mostrado cada vez mais necessário, principalmente naquelas escolas em que há pouca infraestrutura, para que os alunos possam atribuir maior significado aos conteúdos que estão sendo ensinados, superando o ensino meramente informativo, descontextualizado e fragmentado.

A SEI em forense com práticas da biologia molecular possui relevante potencial para o ensino de Biologia com enfoque investigativo. Através da realização das etapas sugeridas, os estudantes são estimulados a investigar e resolver as situações problemas criadas em todas as etapas. Além de permitir aos alunos que busquem as soluções para os questionamentos levantados, o que estimula o pensamento crítico e a capacidade de argumentação.

Referências

CARVALHO, A. M. P. **Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula.** São Paulo: Editora Cengage Learning, 2013. cap. 5, p.1-2.

FIGURA DE SIMULAÇÃO DE TESTE DE DNA. Disponível em https://soexercicios.com.br/plataforma/questoesSemelhantes/6937/UFPB/-. Acesso em 15 de janeiro de 2019.

PINHATI, F. R. Eletroforese de DNA: Dos Laboratórios de Biologia Molecular para as Salas de Aula. **Quím. nova esc.** São Paulo-SP, BR. Vol. 37, N° 4, p. 316-319, 2015.

RAMOS, V. D. S, AIRES, R. M.; GÓES, A. C. S. O princípio elementar de Mendel aplicado a um teste de paternidade: Uma simulação a partir do triangulo amoroso de Dom Casmurro. **Genética na escola,** v. 13, n 1. 2018.

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

YAMAZAKI, R M.O., YAMAZAKI, S. C., STUANI, G.C., SOUSA, N. M.História da biologia e sua articulação com uma atividade experimental: extração da molécula de DNA. **Enseñanza de las Ciencias,** v. 35, n. Extra, p. 3815-3820, 2017.

Apêndice B

PRÉ - QUESTIONÁRIO

Pré-Questionário
Título: Uso da Biologia Forense como ferramenta investigativa para o Ensino de Genética.
Pesquisador Responsável: Thâmara Chaves Cardoso

ESCOLA:_____

IDADE: _____SÉRIE: _____SEXO: F ( ) M ( )

Você irá marcar apenas **uma alternativa com um X** referente às questões abaixo de acordo com o seu grau de interesse e/ou conhecimentos básicos em relação às técnicas moleculares utilizadas na forense.

1. Você sabe o que é Forense?

( ) Não, nunca ouvi falar.
( ) Já ouvi, mas não sei explicar.
( ) Sim, um pouco.
( ) Sim, mais ou menos.
( ) Sim, muito

2. Você tem interesse por filmes ou séries de investigação criminal?

( ) Não, nunca ouvi falar.
( ) Já ouvi, mas não tenho interesse.
( ) Sim, um pouco.
( ) Sim, mais ou menos.
( ) Sim, muito

3. Você acha que esses filmes e séries tem algo a ensinar?

( ) Não, nunca ouvi falar.
( ) Sim, mas não sei como os filmes poderiam me ajudar no ensino.
( ) Sim, um pouco.
( ) Sim, mais ou menos.
( ) Sim, muito

4. Você acha que as práticas realizadas no laboratório poderiam aumentar o seu interesse e auxiliar no seu entendimento sobre a genética molecular aplicada a forense?

( ) Não.

( ) Sim, mas não saberia explicar como.

( ) Sim, um pouco.

( ) Sim, mais ou menos.

( ) Sim, muito

5. Você acha que a Forense e as técnicas moleculares têm relação com o seu cotidiano?

( ) Não.

( ) Sim, mas não saberia explicar como.

( ) Sim, um pouco.

( ) Sim, mais ou menos.

( ) Sim, muito

6. Você conhece as aplicações da Biologia Molecular?

( ) Não, nunca ouvi falar.

( ) Já ouvi, mas não sei explicar.

( ) Sim, um pouco.

( ) Sim, mais ou menos.

( ) Sim, muito

7. Você sabe o que quer dizer DNA?

( ) Não, nunca ouvi falar.

( ) Já ouvi, mas não sei explicar.

( ) Sim, um pouco.

( ) Sim, mais ou menos.

( ) Sim, muito

8. Os genes são fundamentais para a síntese de proteínas, eles funcionam como moldes para a determinação da sequência de aminoácidos a ser produzida pela célula. Você sabe o que são genes?

( ) Não, nunca ouvi falar.

( ) Já ouvi, mas não sei explicar.

( ) Sim, um pouco.

( ) Sim, mais ou menos.

( ) Sim, muito

9. Você conhece o processo de replicação?

( ) Não, nunca ouvi falar.

( ) Já ouvi, mas não sei explicar.

( ) Sim, um pouco.
( ) Sim, mais ou menos.
( ) Sim, muito

10. Já ouviu falar de marcadores moleculares, como os microssatélites?
( ) Não, nunca ouvi falar.
( ) Já ouvi, mas não sei explicar.
( ) Sim, um pouco.
( ) Sim, mais ou menos.
( ) Sim, muito

11. Você sabe como é realizada a Extração do DNA?
( ) Não sei, nunca ouvi falar.
( ) Já ouvi, mas não sei explicar.
( ) Sim, um pouco.
( ) Sim, mais ou menos.
( ) Sim, muito

12. Você sabe como é realizada a técnica da PCR?
( ) Não sei, nunca ouvi falar.
( ) Já ouvi, mas não sei explicar.
( ) Sim, um pouco.
( ) Sim, mais ou menos.
( ) Sim, muito

13. Você sabe como é realizada a Eletroforese?
( ) Não sei, nunca ouvi falar.
( ) Já ouvi, mas não sei explicar.
( ) Sim, um pouco.
( ) Sim, mais ou menos.
( ) Sim, muito

14. Você conhece as técnicas que são utilizadas para averiguar a paternidade de uma criança?
( ) Não, nunca ouvi falar.
( ) Já ouvi, mas não sei explicar.
( ) Sim, um pouco.
( ) Sim, mais ou menos.
( ) Sim, muito

15. Você sabe como é feita a identificação de um criminoso pela Forense?

( ) Não, nunca ouvi falar.

( ) Já ouvi, mas não sei explicar.

( ) Sim, um pouco.

( ) Sim, mais ou menos.

( ) Sim, muito

16. Sobre a estrutura do DNA, marque a alternativa incorreta:

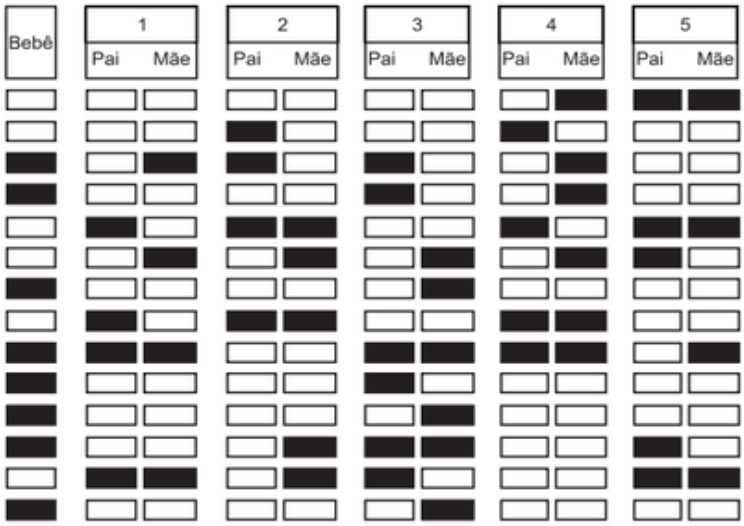
a) O DNA carrega as informações genéticas do indivíduo.

b) Os cromossomos são formados principalmente por DNA.

c) O DNA, assim como o RNA, é formado por nucleotídeos, que são constituídos por um fosfato, um açúcar e uma base nitrogenada.

d) Os nucleotídeos que formam o DNA diferenciam-se do RNA por apresentarem uma ribose e a base timina.

17. (ENEM, 2013). Cinco casais alegavam ser os pais de um bebê. A confirmação da paternidade foi obtida pelo exame de DNA. O resultado do teste está esquematizado na figura, em que cada casal apresenta um padrão com duas bandas de DNA (faixas, uma para o suposto pai e duas para a suposta mãe), comparadas a do bebê.



Que casal pode ser considerado como pais biológicos do bebê?

a) 1

b) 2

c) 3

d) 4

e) 5

18. (CESPE- 2011) Em uma aula prática de extração de DNA, o professor orientou os alunos a colocar em um saco plástico dois ou três morangos, cinco gotas de detergente, uma pitada de sal de cozinha e um pouco de água morna. Após a realização desse procedimento, os alunos maceraram e depois filtraram o conteúdo do saco plástico. Sobre o conteúdo filtrado, foi colocado o mesmo volume de álcool

gelado, adotando-se o devido cuidado para que se formasse uma fase sobre o filtrado. Após alguns minutos, o DNA saiu do filtrado e passou para a fase do álcool. Nessa situação, a adição do sal no início do experimento tem o objetivo de:

a) aglutinar e unir o DNA e então formar uma massa filamentosa esbranquiçada.

b) facilitar a homogeneização dos morangos.

c) impedir que o complexo DNA-Histonas se enovele.

d) dificultar a migração das moléculas de DNA para o detergente.

e) romper a bicamada lipídica da membrana celular e, com isso, separar as moléculas de DNA do resto do suco citoplasmático.

19. Sobre a PCR utilizada na forense, assinale a opção **incorreta**.

a) A PCR é realizada comumente em um aparelho chamado termociclador.

b) A PCR tem sido adotada com maior eficiência na análise forense, porque utiliza uma grande quantidade de DNA.

c) A PCR utiliza a enzima TAQ polimerase

d) Na PCR comumente se utiliza dNTPs.

e) Na PCR utilizam-se primers.

20. (IBFC, 2017) A respeito dos microssatélites do tipo STR (repetições pequenas em tandem), analise as afirmativas abaixo e em seguida assinale a alternativa **correta**:

I. Os sítios mais populares de STR para uso forense contêm repetições tetranucleotídicas.

II. A região de DNA contendo o STR é amplifcada pela PCR (reação em cadeia pela polimerase).

III. As sequências mais longas de DNA apresentam um grande grau de polimorfismo de comprimento na população humana.

Assinale a alternativa correta.

a) Está correta a afirmativa I, apenas

b) Estão corretas as afirmativas I e II, apenas

c) Estão corretas as afirmativas II e III, apenas

d) Estão corretas as afirmativas I, III, apenas

e) Está correta a afirmativa III, apenas

21. Sobre a eletroforese de DNA assinale a alternativa **INCORRETA:**

a) Ela é realizada utilizando-se uma placa com gel, fragmentos de DNA e aplicação de corrente elétrica.

b) A identificação é feita pela descarga elétrica na placa de gel e pelo deslocamento dos fragmentos com carga negativa para o polo positivo.

c) Tem sido utilizada para a identificação de pessoas, nas investigações policiais, em processos judiciais e na determinação da paternidade.

d) Gêmeos idênticos podem ser distinguidos pela análise do DNA.

e) É uma técnica possível graças à carga elétrica negativa da molécula de DNA.

Apêndice C*

QUESTIONÁRIO AVALIATIVO

Questionário avaliativo
Título: Uso da Biologia Forense como ferramenta investigativa para o Ensino de Genética.
Pesquisador Responsável: Thâmara Chaves Cardoso

ESCOLA:_____

IDADE: _____SÉRIE: _____SEXO: F ( ) M ( )

Apresentação dos vídeos

Replicação

1. Esquematize em desenho como ocorre a replicação natural do DNA (não esqueça de colocar o nome das estruturas).

( ) não sei

( ) lembro vagamente/prefiro não opinar

( ) Lembro bem – Se você marcar essa alternativa, escreva sua resposta.

2. A duplicação do DNA é essencial para que as células – filhas tenham a quantidade adequada de material genético após a divisão celular. Essa duplicação é considerada semiconservativa. Explique por quê.

( ) não sei

( ) lembro vagamente/prefiro não opinar

( ) Lembro bem – Se você marcar essa alternativa, escreva sua resposta.

_____

_____

_____

Extração do DNA

3. Quais os materiais usados na extração do DNA?

( ) não sei

( ) lembro vagamente/prefiro não opinar

( ) Lembro bem – Se você marcar essa alternativa, escreva sua resposta.

_____
_____
_____

4. O primeiro reagente usado na extração do DNA é o detergente. Qual a sua função?
( ) não sei
( ) lembro vagamente/prefiro não opinar
( ) Lembro bem – Se você marcar essa alternativa, escreva sua resposta.

_____
_____

Microssatélites

5. A análise de microssatélites (STR) é útil para a identificação de indivíduos pelo DNA. Defina microssatélites.
( ) não sei
( ) lembro vagamente/prefiro não opinar
( ) Lembro bem – Se você marcar essa alternativa, escreva sua resposta.

_____
_____
_____

6. Em qual parte do DNA podem ser vistas as STR?
( ) não sei
( ) lembro vagamente/prefiro não opinar
( ) Lembro bem – Se você marcar essa alternativa, escreva sua resposta.

_____
_____
_____

PCR

7. Para que serve a técnica de PCR aplicada à molécula de DNA?
( ) não sei
( ) lembro vagamente/prefiro não opinar
( ) Lembro bem – Se você marcar essa alternativa, escreva sua resposta.

_____
_____
_____

8. Qual o material necessário para a realização da técnica de PCR?
( ) não sei

( ) lembro vagamente/prefiro não opinar

( ) Lembro bem – Se você marcar essa alternativa, escreva sua resposta.

_____

_____

_____

Eletroforese

9. O padrão eletroforético de uma pessoa mostra a distribuição dos fragmentos de DNA em faixa por ordem de tamanho. O que significa esse padrão eletroforético?

( ) não sei

( ) lembro vagamente/prefiro não opinar

( ) Lembro bem – Se você marcar essa alternativa, escreva sua resposta.

_____

_____

_____

10. Em que se baseia a técnica de eletroforese?

( ) não sei

( ) lembro vagamente/prefiro não opinar

( ) Lembro bem – Se você marcar essa alternativa, escreva sua resposta.

_____

_____

_____

Genética forense

11. (UEG- Adaptado) A Genética Forense é uma ciência que cada vez mais tem auxiliado o direito na identificação de pessoas, investigação de paternidade e elucidação de crimes. Que técnicas são empregadas no DNA para a sua identificação?

( ) não sei

( ) lembro vagamente/prefiro não opinar

( ) Lembro bem – Se você marcar essa alternativa, escreva sua resposta.

_____

_____

_____

12. Na genética forense, os padrões de herança dos marcadores genéticos são muito importantes. Explique a função desses marcadores.

( ) não sei

( ) lembro vagamente/prefiro não opinar

( ) Lembro bem – Se você marcar essa alternativa, escreva sua resposta.

_____

_____

_____

Situação de paternidade e criminalística

1. Diversas vezes nos deparamos em notícias ou em rodas de conversa sobre o termo “Teste de DNA”. Como são feitos esses testes?

( ) não sei

( ) lembro vagamente/prefiro não opinar

( ) Lembro bem – Se você marcar essa alternativa, escreva sua resposta.

_____

_____

_____

2. (AOCP- Adaptado) João nunca soube quem foi sua mãe. Com uma suspeita morando próximo da sua residência, o que pode ser feito para comprovar ou descartar a maternidade?

( ) não sei

( ) lembro vagamente/prefiro não opinar

( ) Lembro bem – Se você marcar essa alternativa, escreva sua resposta.

_____

_____

_____

3. (AOCP- Adaptado) No Brasil, há uma elevada incidência de casos de violência sexual. Para comprovação da prática, que tipo de material pode ser analisado pela perícia?

( ) não sei

( ) lembro vagamente/prefiro não opinar

( ) Lembro bem – Se você marcar essa alternativa, escreva sua resposta.

_____

_____

_____

4. Uma moça foi encontrada morta em casa. Em seu corpo não havia sinais de estupro ou vestígios do assassino. Existe alguma forma de encontrar material genético desse assassino?

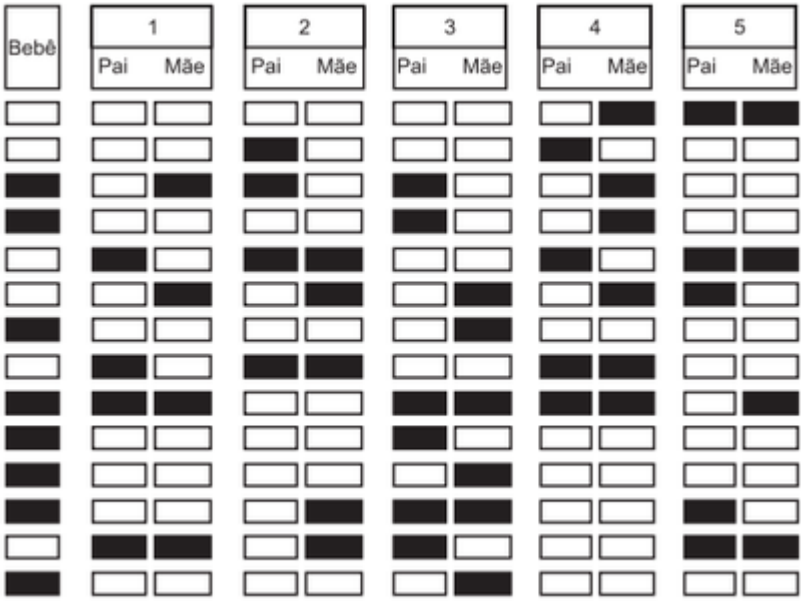
( ) não sei

( ) lembro vagamente/prefiro não opinar

( ) Lembro bem – Se você marcar essa alternativa, escreva sua resposta.

_____
_____
_____

5. Cinco casais alegavam ser pais de um bebê. A confirmação foi obtida pelo exame de DNA. O resultado do teste está esquematizado na figura, em que cada casal apresenta um padrão com duas bandas de DNA comparadas à do bebê. Qual casal pode ser considerado os pais do bebê?



( ) não sei
( ) lembro vagamente/prefiro não opinar
( ) Lembro bem – Se você marcar essa alternativa, escreva sua resposta.

_____
_____
_____

Cena do crime

1. Em uma cena de crime. Quais materiais no corpo da vítima e ao redor dela, podem servir para análise?
( ) não sei
( ) lembro vagamente/prefiro não opinar
( ) Lembro bem – Se você marcar essa alternativa, escreva sua resposta.

_____
_____
_____

2. Se em uma cena de crime for encontrado algum material que fossa ser analisado, esse vai passar por diversos processos antes da sua identificação. Que processos são esses?

( ) não sei
( ) lembro vagamente/prefiro não opinar
( ) Lembro bem – Se você marcar essa alternativa, escreva sua resposta.

_____
_____
_____

Extração do DNA

1. Porque durante as aulas o professor utiliza fruta (banana) ao invés de sangue para extração de DNA?
( ) não sei
( ) lembro vagamente/prefiro não opinar
( ) Lembro bem – Se você marcar essa alternativa, escreva sua resposta.

_____
_____
_____

2. Tratando-se de genética forense, quais materiais podem ser utilizados para a extração do DNA?
( ) não sei
( ) lembro vagamente/prefiro não opinar
( ) Lembro bem – Se você marcar essa alternativa, escreva sua resposta.

_____
_____
_____

3. Qual a função do sal de cozinha na extração do DNA?
( ) não sei
( ) lembro vagamente/prefiro não opinar
( ) Lembro bem – Se você marcar essa alternativa, escreva sua resposta.

_____
_____
_____

4. Para que serve e como deve ser o utilizado o álcool para a extração do DNA?
( ) não sei
( ) lembro vagamente/prefiro não opinar
( ) Lembro bem – Se você marcar essa alternativa, escreva sua resposta.

_____
_____
_____

5. Sabendo das propriedades químicas da membrana plasmática, qual a função do detergente na extração do DNA?

( ) não sei

( ) lembro vagamente/prefiro não opinar

( ) Lembro bem – Se você marcar essa alternativa, escreva sua resposta.

_____

_____

_____

PCR

1. O que significa a sigla PCR e em quais princípios essa técnica se baseia?

( ) não sei

( ) lembro vagamente/prefiro não opinar

( ) Lembro bem – Se você marcar essa alternativa, escreva sua resposta.

_____

_____

_____

2. Qual o aparelho utilizado para a realização da técnica de PCR?

( ) não sei

( ) lembro vagamente/prefiro não opinar

( ) Lembro bem – Se você marcar essa alternativa, escreva sua resposta.

_____

_____

3. Qual o material necessário para a realização da técnica de PCR?

( ) não sei

( ) lembro vagamente/prefiro não opinar

( ) Lembro bem – Se você marcar essa alternativa, escreva sua resposta.

_____

_____

_____

4. Qual a relação da PCR com a replicação do DNA?

( ) não sei

( ) lembro vagamente/prefiro não opinar

( ) Lembro bem – Se você marcar essa alternativa, escreva sua resposta.

_____
_____
_____

5. A TAq polimerase utilizada na PCR é retirada de arqueas, organismos que suportam altas temperaturas. Qual o motivo da escolha dessa enzima para a técnica?

( ) não sei
( ) lembro vagamente/prefiro não opinar
( ) Lembro bem – Se você marcar essa alternativa, escreva sua resposta.

_____
_____
_____

Eletroforese

1. Em que se baseia a técnica de eletroforese?

( ) não sei
( ) lembro vagamente/prefiro não opinar
( ) Lembro bem – Se você marcar essa alternativa, escreva sua resposta.

_____
_____
_____

2. Qual a carga elétrica da molécula de DNA?

( ) não sei
( ) lembro vagamente/prefiro não opinar
( ) Lembro bem – Se você marcar essa alternativa, escreva sua resposta.

_____
_____

3. Qual o nome do gel usado na eletroforese?

( ) não sei
( ) lembro vagamente/prefiro não opinar
( ) Lembro bem – Se você marcar essa alternativa, escreva sua resposta.

_____
_____

4. Na eletroforese ocorre a migração das bases nitrogenadas que são atraídos para qual polo da cuba de eletroforese?

( ) não sei

( ) lembro vagamente/prefiro não opinar

( ) Lembro bem – Se você marcar essa alternativa, escreva sua resposta.

_____

_____

_____

5. Cite o nome de um corante que pode ser usado para visualizar melhor a migração das bases nitrogenadas.

( ) não sei

( ) lembro vagamente/prefiro não opinar

( ) Lembro bem – Se você marcar essa alternativa, escreva sua resposta.

_____

_____

_____

Apêndice D*

PÓS – TESTE

Pós-Teste
Título: Uso da Biologia Forense como ferramenta investigativa para o Ensino de Genética.
Pesquisador Responsável: Thâmara Chaves Cardoso

ESCOLA:_____

IDADE: _____SÉRIE: _____SEXO: F ( ) M ( )

1. Sobre a estrutura do DNA, marque a alternativa incorreta:

a) O DNA carrega as informações genéticas do indivíduo.

b) Os cromossomos são formados principalmente por DNA.

c) O DNA, assim como o RNA, é formado por nucleotídeos, que são constituídos por um fosfato, um açúcar e uma base nitrogenada.

d) Os nucleotídeos que formam o DNA diferenciam-se do RNA por apresentarem uma ribose e a base timina.

2. A realização de um teste de paternidade constitui-se das seguintes etapas. Exceto:

a) Amplificação através dos Microssatélites.

b) Eletroforese para tipagem dos alelos.

c) Extração do DNA dos envolvidos.

d) Verificação do número de repetições dos alelos microssatélites.

3. (CESPE- 2011) Em uma aula prática de extração de DNA, o professor orientou os alunos a colocar em um saco plástico dois ou três morangos, cinco gotas de detergente, uma pitada de sal de cozinha e um pouco de água morna. Após a realização desse procedimento, os alunos maceraram e depois filtraram o conteúdo do saco plástico. Sobre o conteúdo filtrado, foi colocado o mesmo volume de álcool gelado, adotando-se o devido cuidado para que se formasse uma fase sobre o filtrado. Após alguns minutos, o DNA saiu do filtrado e passou para a fase do álcool. Nessa situação, a adição do sal no início do experimento tem o objetivo de:

a) aglutinar e unir o DNA e então formar uma massa filamentosa esbranquiçada.

b) facilitar a homogeneização dos morangos.

c) impedir que o complexo DNA-Histonas se enovele.

d) dificultar a migração das moléculas de DNA para o detergente.

e) romper a bicamada lipídica da membrana celular e, com isso, separar as moléculas de DNA do resto do suco citoplasmático.

4. A Genética Forense é uma ciência que cada vez mais tem auxiliado o direito na identificação de pessoas, investigação de paternidade e elucidação de crimes. De acordo com essa ciência tem-se o seguinte:
a) O DNA não codificante possui unidades de repetição de bases nitrogenadas que podem ser vistos na mesma posição de acordo com o grau de parentesco.
b) o DNA dos gêmeos idênticos determina a formação da mesma impressão digital.
c) o DNA só pode ser usado se encontrado em grandes quantidades.
d) O DNA pode ser extraído de uma célula através da eletroforese.
e) O DNA pode ser extraído da célula através da PCR

5. A respeito dos microssatélites do tipo STR (repetições pequenas em tandem), analise as afirmativas abaixo e em seguida assinale a alternativa **correta**:
I. Os sítios mais populares de STR para uso forense contêm repetições tetranucleotídicas.
II. A região de DNA contendo o STR é amplificada pela PCR (reação em cadeia pela polimerase).
III. As sequências mais longas de DNA apresentam um grande grau de polimorfismo de comprimento na população humana.
Assinale a alternativa correta.
a) Está correta a afirmativa I, apenas
b) Estão corretas as afirmativas I e II, apenas
c) Estão corretas as afirmativas II e III, apenas
d) Estão corretas as afirmativas I, III, apenas
e) Está correta a afirmativa III, apenas

6. (CESPE, 2009). A PCR ou Reação em Cadeia da Polimerase é uma técnica utilizada nos laboratórios e possibilita a amplificação de um dado fragmento da amostra de DNA inicial de forma exponencial. Graças a ela, um teste genético pode ser iniciado a partir de uma única célula, pois o DNA será multiplicado *in vitro* em quantidade suficiente para ser detectado no teste. Sobre a técnica de PCR determine qual a alternativa INCORRETA:
a) A PCR depende de uma DNA polimerase termoestável, a Taq polimerase, e requer primers de DNA projetados especificamente para a região de interesse do DNA.
b) a Taq polimerase consegue fabricar DNA somente quando lhe é dado um primer, uma sequência curta de nucleotídeos que fornece um ponto de partida para a síntese de DNA.
c) As etapas básicas são: Desnaturação pelo aquecimento; Anelamento e ligação dos primers nas sequências complementares no DNA molde de fita simples e Extensão dos primers, sintetizando novas fitas de DNA.
d) A PCR utiliza enzimas como a polimerase que pode ser encontrada em qualquer ser vivo.

e) A técnica de PCR é útil em criminalística, pois geralmente são encontradas amostras pequenas de DNA em locais onde ocorreu um crime.

7. Sobre a PCR utilizada na forense, assinale a opção **incorreta**.

a) A PCR é realizada comumente em um aparelho chamado termociclador.

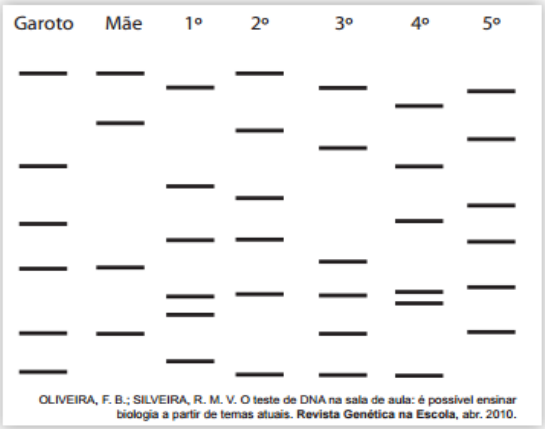
b) A PCR tem sido adotada com maior eficiência na análise forense, porque utiliza uma grande quantidade de DNA.

c) A PCR utiliza a enzima TAQ polimerase

d) Na PCR comumente se utiliza dNTPs.

e) Na PCR utilizam-se primers.

8. (ENEM, 2016) Para verificar a eficácia do teste de DNA na determinação de paternidade, cinco voluntários, dentre eles o pai biológico de um garoto, cederam amostras biológicas para a realização desse teste. A figura mostra o resultado obtido após a identificação dos fragmentos de DNA de cada um deles.



OLIVEIRA, F. B.; SILVEIRA, R. M. V. O teste de DNA na sala de aula: é possível ensinar biologia a partir de temas atuais. **Revista Genética na Escola**, abr. 2010.

Após a análise das bandas de DNA, pode-se concluir que o pai biológico do garoto é o:

a) 1°

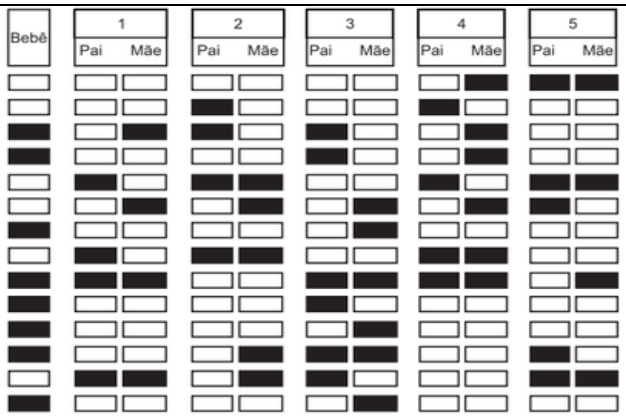
b) 2°

c) 3°

d) 4°

e) 5°

9. (ENEM, 2013). Cinco casais alegavam ser os pais de um bebê. A confirmação da paternidade foi obtida pelo exame de DNA. O resultado do teste está esquematizado na figura, em que cada casal apresenta um padrão com duas bandas de DNA (faixas, uma para o suposto pai e duas para a suposta mãe), comparadas a do bebê.



Que casal pode ser considerado como pais biológicos do bebê?

a) 1

b) 2

c) 3

d) 4

e) 5

10. Sobre o contexto geral do trabalho pericial é **CORRETO** afirmar:

a) Vidros, metais, graxas, vômito e tecido são considerados substâncias não biológicas.

b) Sangue, saliva, esperma, fibras, fezes e urina são considerados substâncias biológicas.

c) Para o trabalho pericial ser conclusivo é preciso usar uma grande quantidade de DNA.

d) Somente o sangue serve como prova pericial de identificação de um possível criminoso.

e) Raspados embaixo da unha da vítima servem como substancia biológica.

11. São vestígios que servem de análise do DNA de um suspeito, EXCETO:

a) Suor

b) Sangue

c) Saliva em ponta de cigarro

d) impressão digital

e) Raspados de material queratinoso (unhas, cabelo)

12. Sobre a eletroforese de DNA assinale a alternativa **INCORRETA:**

a) Ela é realizada utilizando-se uma placa com gel, fragmentos de DNA e aplicação de corrente elétrica.

b) A identificação é feita pela descarga elétrica na placa de gel e pelo deslocamento dos fragmentos com carga negativa para o polo positivo.

c) Tem sido utilizada para a identificação de pessoas, nas investigações policiais, em processos judiciais e na determinação da paternidade.

d) Gêmeos idênticos podem ser distinguidos pela análise do DNA.

e) É uma técnica possível graças à carga elétrica negativa da molécula de DNA.

Apêndice E*

QUESTIONÁRIO FEEDBACK

Questionário Feedback
Título: Uso da Biologia Forense como ferramenta investigativa para o Ensino de Genética.
Pesquisador Responsável: Thâmara Chaves Cardoso

Sua opinião é importante!

1. Aplique uma nota de 0 (zero) a 5 (cinco) para as metodologias utilizadas no ensino da Biologia Molecular aplicada na Forense.

Questões	**Metodologia**					
	Vídeos/ZAP	**Simulação da Paternidade e Criminalística**	**Criação da cena de um crime**	**Extração de DNA (Laboratório)**	**PCR (Lúdica)**	**Eletroforese (Lúdica)**
1. Qual a sua nota para a metodologia utilizada no processo de ensino-aprendizagem?						
2. Qual o seu nível de satisfação com as técnicas empregadas durante a pesquisa?						
3. Qual a contribuição da metodologia utilizada para a sua aprendizagem na genética forense?						
4. Qual o seu nível de interesse durante a aplicação das metodologias?						
5. Qual foi o nível de dificuldade em compreender e executar as atividades propostas?						

Anexo A*

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PIAUÍ - UESPI

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: FORENSE E BIOLOGIA MOLECULAR
Pesquisador: Pedro Marcos de Almeida
Área Temática:
Versão: 3
CAAE: 03773018.3.0000.5209
Instituição Proponente: Universidade Estadual do Piauí - UESPI
Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.196.797

Apresentação do Projeto:
O público alvo serão 30 alunos/por escola de três turmas do 3° ano do Ensino Médio de três escolas de Floriano (PI), sendo uma da rede pública estadual, uma pública federal e uma privada. O presente estudo será organizado em cinco etapas: inicialmente aplicação de pré-questionário com 15 questões estruturadas envolvendo o grau de interesse e conhecimentos básicos sobre técnicas moleculares utilizadas na forense, sendo que esta atividade será realizada durante 30 min.

Na etapa 1, os alunos serão divididos em seis grupos e cada grupo irá pesquisar vídeos (you tube) durante uma semana sobre informações da estrutura, replicação e extração do DNA, além de microssatélites, PCR, eletroforese e Genética Forense. A turma irá criar um "Zap" ("Aluno-perito") para facilitar a comunicação entre os alunos e o professor. No dia da aula presencial, o professor irá solicitar que cada grupo apresente e explique a importância do vídeo aos demais grupos.

Em seguida, na aula 2, o professor irá solicitar aos grupos para investigarem seis diferentes situações envolvendo a paternidade. Cada grupo irá expor o problema durante 10 min., evidenciando os microssatélites que correspondem à mãe, o filho e o suposto pai. Essa atividade será realizada durante 2h/a.

Na etapa 3 os alunos irão construir a cena de um crime. Para esse momento, os alunos terão uma

Endereço: Rua Olavo Bilac, 2335
Bairro: Centro/Sul **CEP:** 64.001-280
UF: PI **Município:** TERESINA
Telefone: (86)3221-6658 **Fax:** (86)3221-4749 **E-mail:** comitedeeticauespi@hotmail.com

semana para elaborar como será a cena e investigar como a perícia atua nestas situações. Durante essa semana, o professor irá auxiliar e tirar as dúvidas dos alunos pelo "Zap" da turma ou presencial se houver necessidade. Cada grupo será responsável em delimitar a função específica dos mesmos para investigar e resolver o caso. No dia da aula, os alunos irão montar a cena do crime na própria sala de aula utilizando materiais simples e de baixo custo, como fita, cola, molho de tomate (simular o sangue), caneta hidrocor, etc. Durante a aula, cada grupo com a sua função pré-definida irá conduzir como será o processo de investigação da cena do crime, evidenciando as provas, a coleta do material e outros pontos importantes para a resolução do crime. Também serão levantadas hipóteses de como realizar a extração do DNA em laboratório e como práticas lúdicas poderiam ser utilizadas para analisar o material genético.

Na etapa 4, o professor irá realizar a extração de DNA em laboratório com os alunos, segundo a metodologia de Silva et al. (2015) com adaptações. O material a ser utilizado será a banana por sua facilidade de aquisição e menor custo. Cada grupo de alunos receberá todo material necessário (banana, água filtrada, sal de cozinha, detergente, álcool etílico, copos de vidro, peneira, colher, coador, palito de churrasco e banho-maria). Todos os grupos irão realizar a prática de forma participativa sob a supervisão do professor e de um técnico de laboratório e no final da prática, os grupos irão propor qual será a utilização do DNA extraído na forense. Essa atividade será realizada durante 2 h/a.

Na etapa 5 os alunos irão investigar como o DNA que foi extraído na aula anterior pode ser amplificado e utilizado na forense. No dia da aula, os grupos irão explicar o questionamento feito pelo professor, o funcionamento do aparelho e como ocorre a amplificação do DNA pela PCR. Após as atividades realizadas, será realizado um questionário com 18 questões semiestruturadas (12 fechadas e 6 abertas) sobre as técnicas e mecanismos moleculares utilizados na forense, no intuito de verificar o aprendizado dos educandos. Atividade será realizada durante 1 h 30 min. As respostas serão avaliadas de forma qualitativa e também agrupadas em classes para análise. Além disso, um questionário feedback, composto por cinco perguntas objetivas será aplicado aos alunos, que avaliarão as metodologias propostas em classes de respostas com notas de zero a cinco. As perguntas abordadas serão referentes à metodologia utilizada; nível de dificuldade em compreender e executar a atividade proposta; contribuição da metodologia utilizada para a aprendizagem da genética forense; nível de interesse durante a aplicação das metodologias e nível de satisfação com a metodologia empregada. Atividade será realizada durante 30 min.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PIAUÍ - UESPI

Continuação do Parecer: 3.196.797

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Geral:

Utilizar a forense como ferramenta investigativa para o ensino de técnicas da genética molecular como elemento de integração de situações reais encontradas na sociedade e no cotidiano dos alunos.

Objetivos Específicos:

- Avaliar o grau de interesse e conhecimento dos alunos sobre as ferramentas moleculares utilizadas na genética forense;
- Utilizar vídeos (you tube) sobre as técnicas moleculares na forense que serão compartilhados pelo Zap da turma, visando contextualizar o conteúdo a ser abordado antes, durante e após as aulas;
- Investigar questões de paternidade e criar a cena de um crime para que os alunos possam utilizar as práticas de ensino (lúdica e experimental) aplicadas na forense para resolver as situações citadas;
- Avaliar os conhecimentos fixados e o grau de satisfação dos alunos com as metodologias utilizadas no processo de ensino-aprendizagem das técnicas da biologia molecular utilizadas na forense.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

RISCOS:

O risco que pode existir nesta pesquisa é o seu desconforto ou constrangimento em responder às perguntas. Contudo, o pesquisador estará preparado para sanar tal situação e informar a você sobre o sigilo e a não identificação dos participantes necessários à execução da pesquisa, conforme Resolução CNS 466/12. Caso ocorra algum problema, a assistência ao risco ocorrerá de forma imediata sem ônus de qualquer espécie para você ou seus pais, você será encaminhado a uma consulta com uma psicóloga. Em caso de eventuais danos (físicos, psicológicos ou de qualquer outra natureza) decorrentes da pesquisa, será indenizado. Você não terá despesa nenhuma com o projeto, já que todos os materiais necessários para a execução serão custeados pelos pesquisadores. As informações fornecidas por você terão privacidade garantida pelos pesquisadores responsáveis. Em nenhum momento você será identificado, mesmo quando os resultados desta pesquisa forem divulgados em qualquer forma. Em qualquer etapa da pesquisa, você terá acesso ao pesquisador responsável pela presente pesquisa para esclarecimento de

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PIAUÍ - UESPI

Continuação do Parecer: 3.196.797

eventuais dúvidas e fica livre para desistir de participar da pesquisa a qualquer momento sem nenhum prejuízo. A qualquer momento (antes ou durante a mesma) você pode recusar a continuar participando da pesquisa em referência, sem penalidades e/ou prejuízos, retirando o seu consentimento.

BENEFÍCIOS:
A sua participação trará benefícios como maior compreensão e entendimento dos processos moleculares utilizados na Forense; despertará a parte investigativa no entendimento de testes de paternidade e criminalística e o contato com uma prática laboratorial, que irá despertar a sua curiosidade de como entender fenômenos relacionados à extração do DNA. Além disso, os questionários que serão respondidos por você antes e após as oficinas, nos ajudarão a verificar se a metodologia que está sendo avaliada ampliou o seu nível de interesse e conhecimento, o que permitirá a implantação na escola de uma nova metodologia de ensino e aprendizagem.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:
Pesquisa viável.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:
Foram apresentados:
- Folha de Rosto preenchida, assinada, carimbada e datada.
- Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) em linguagem clara e objetiva com todos os aspectos metodológicos a serem executados e/ou Termo de Assentimento (para menor de idade ou incapaz);
- Declaração da Instituição e Infra-estrutura em papel timbrado da instituição, carimbada, datada e assinada;
- Projeto de pesquisa na íntegra (word/pdf);
- Instrumento de coleta de dados EM ARQUIVO SEPARADO(questionário/entrevista/formulário/roteiro).

LISTA DE INADEQUAÇÕES: as solicitações listadas abaixo foram atendidas:

1. Declaração da Instituição e Infra-estrutura em papel timbrado das instituições participantes, carimbadas, datadas e assinadas foram apresentadas; (PARA UESPI E ESCOLAS DE NÍVEL ENSINO MÉDIO).

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PIAUÍ - UESPI

Continuação do Parecer: 3.196.797

2. TCLE e TALE:

- foram descritos os procedimentos aos quais o participante será submetido, destacando sua participação detalhada e principais variáveis a serem coletadas;
- foram descritos os riscos possíveis ao participante de pesquisa, forma de evitar os riscos e forma de assistência aos riscos possíveis;
- referem os direitos, aos participantes, de indenização em caso de dano decorrente da pesquisa e de ressarmimento em caso de despesas;
- encontram-se paginados;
- foi acrescentado menção, no texto, de que serão rubricados em todas as páginas;
- foi acrescido breve definição do CEP UESPI, bem como o contato do CEP.
- foi retirado o endosso final do TALE.

Recomendações:

APROPRIAR-SE da Resolução CNS/MS Nº466/12 (que revogou a Res. Nº196/96) e seus complementares que regulamenta as Diretrizes Éticas para Pesquisas que Envolvam Seres Humanos.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

De acordo com a análise, conforme a Resolução CNS/MS Nº466/12 e seus complementares, o presente projeto de pesquisa apresenta o parecer APROVADO por apresentar todas as solicitações indicadas na versão anterior.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1247243.pdf	22/02/2019 17:10:24		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_PM_Revisado.pdf	22/02/2019 17:08:31	Pedro Marcos de Almeida	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TALE_PM_Revisado.pdf	22/02/2019 17:08:14	Pedro Marcos de Almeida	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura	Projeto_Final.pdf	22/02/2019 17:07:51	Pedro Marcos de Almeida	Aceito

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PIAUÍ - UESPI

Continuação do Parecer: 3.196.797

Investigador	Projeto_Final.pdf	22/02/2019 17:07:51	Pedro Marcos de Almeida	Aceito
Orçamento	Orcamento_Revisado.pdf	22/02/2019 17:06:32	Pedro Marcos de Almeida	Aceito
Declaração de Pesquisadores	PESQUISADOR.pdf	22/02/2019 17:06:17	Pedro Marcos de Almeida	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Infraestrutura_Escola_Profissional.pdf	22/02/2019 17:05:45	Pedro Marcos de Almeida	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Infraestrutura_Escola_Estadual.pdf	22/02/2019 17:03:50	Pedro Marcos de Almeida	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Infraest_UESPI.pdf	22/02/2019 17:02:36	Pedro Marcos de Almeida	Aceito
Cronograma	CRONOGRAMA_PM_Revisado.pdf	22/02/2019 16:56:18	Pedro Marcos de Almeida	Aceito
Brochura Pesquisa	Projeto_ProfBio_Final.pdf	22/02/2019 16:55:52	Pedro Marcos de Almeida	Aceito
Folha de Rosto	Folha_Rosto_Revisado.pdf	22/02/2019 16:53:30	Pedro Marcos de Almeida	Aceito

Situação do Parecer:
Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:
Não

TERESINA, 13 de Março de 2019

Assinado por:
IARA SAYURI SHIMIZU
(Coordenador(a))

Endereço: Rua Olavo Bilac, 2335
Bairro: Centro/Sul **CEP:** 64.001-280
UF: PI **Município:** TERESINA
Telefone: (86)3221-6658 **Fax:** (86)3221-4749 **E-mail:** comitedeeticauespi@hotmail.com