

## GENÉTICA FORENSE: UMA ABORDAGEM DIDÁTICA NA SALA DE AULA

### Resumo

A genética forense é empregada principalmente na identificação de pessoas, seja em testes de paternidade ou ao esclarecer dúvidas sobre a participação de um suspeito em um crime. Com a extensa abordagem dessas metodologias em programas televisivos como novelas, filmes e diversos seriados, este assunto passou a ser popularizado, mas sem o real conhecimento da técnica e sua aplicação, recebendo o nome de “Efeito SCI”. Esse tema é abordado no ensino médio, porém, existem poucas atividades práticas com este enfoque, pois o custeio de um laboratório de biologia molecular é muito alto. Esta experiência de sala de aula teve por objetivo apresentar na aula de genética, uma simulação da aplicação da biologia molecular com materiais de baixo custo. A preparação da aula constou de um boneco simulando um crime, extração de DNA caseira com bochecho de água com sal e precipitação de material genético com álcool. Em seguida foi utilizado um gel de eletroforese feito com Ágar-ágar em cuba de acrílico com fonte elaborada pelos alunos do curso de eletrônica do Instituto Federal de Alagoas. Para as amostras foram utilizados corantes alimentícios simbolizando o DNA tanto da cena do crime, como de três suspeitos. Ao final do experimento, um dos suspeitos teve o mesmo padrão de bandas da cena do crime. A demonstração dos procedimentos técnicos facilitou o aprendizado, retirou dúvidas de como são realizadas as análises de DNA e despertou o senso crítico do que é coerente ou não através das análises forenses.

Palavras-chave: Ensino; Eletroforese; DNA; Efeito CSI; Tecnologia.

**Sayonara Ivana Santos de Assis** (Autora)

Vínculo Institucional: UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

**Hyngrid Assíria Amorim Costa** (Autora)

Vínculo Institucional: CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIT

**Maria Luzenita Wagner Mallmann** (Autora)

Vínculo Institucional: INSTITUTO FEDERAL DE ALAGOAS

**Ebenézer Bernardes Correia Silva** (Autor)

Vínculo Institucional: INSTITUTO FEDERAL DE ALAGOAS

Submetido em Nov/2022

Aceito em Dez/2022

Revisado em Jan/2023

Publicado em Fev/2023

## INTRODUÇÃO

A identificação humana através de sequências de DNA é uma das principais aplicações da genética forense, sendo dessa forma a principal ferramenta na elucidação de crimes pela polícia científica nos dias atuais. Essa ciência se utiliza da biologia molecular para realizar as análises necessárias na confirmação da presença de suspeitos em cenas de crime, testes de paternidade e identificação de vítimas em acidentes onde não é possível o reconhecimento facial, por exemplo. Com a padronização dos dados de STR (*Short Tandem Repeats*: Repetições Consecutivas Curtas em Tandem) as análises foram mais propagadas nos vários laboratórios de análises, além de se tornarem mais precisas e confiáveis para população (DOLINSKY & PEREIRA, 2007).

Com a popularização de séries e filmes na temática de investigação policial, essa ferramenta se tornou um procedimento considerado padrão quando se pensa em analisar as provas que podem chegar em um possível culpado. A forma como é retratada na mídia, faz com que o público tenha uma percepção errônea de ser um procedimento rápido e incontestável, o que não é sempre condizente com a realidade. Esse efeito é chamado de “Efeito CSI”, devido a série americana *CSI: Criminal Scene Investigation* que iniciou uma procura massiva por esse conteúdo e a problematização de como isso pode ser prejudicial na tomada de decisões e interpretações de casos por júri popular (COLE & DIOSO-VILLA, 2007).

A genética, a biologia molecular e a biotecnologia são assuntos abordados de forma integrada no ensino médio na grade curricular dos alunos (BRASIL, 2021) e apesar de sua importância, existem poucas atividades práticas com este enfoque, pois o custeio de um laboratório com este tipo de tecnologia é muito alto (ALVES & COSTA, 2020). Com a familiaridade deste tema ao longo dos anos, a contextualização em abordar tópicos como: coleta de amostras biológicas, extração e amplificação de DNA e eletroforese, pode se tornar mais leve e didática com o advento da inserção de aulas práticas no preparo do plano de aula dos professores, fazendo com que os alunos possam despertar mais interesse nos conteúdos e nos estudos também extra classe. Neste sentido, esta experiência de sala de aula teve por objetivo apresentar na aula de genética, uma simulação da aplicação da biologia molecular com materiais de baixo custo.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado em duas diferentes instituições de ensino, no Instituto Federal de Alagoas - *Campus* Maceió, que integra o ensino médio a cursos técnicos como: química, eletrônica, eletrotécnica, estradas, edificações, mecânica e informática e na Escola Estadual Tavares Bastos. A faixa etária dos alunos foi de 15 a 18 anos, e estes estavam estudando em sala de aula o conteúdo referente à biotecnologia.

No primeiro contato com os alunos foi perguntado sobre os conhecimentos prévios no tema, bem como os meios pelo qual obtiveram esses conhecimentos. Em seguida foi feita uma explanação expositiva dialogada sobre as técnicas utilizadas nos laboratórios de genética forense, como: coleta de amostras biológicas, estado das evidências, extração do material genético, amplificação de STRs através da reação em cadeia da polimerase (técnica de PCR) e eletroforese em gel.

A preparação da prática constou de uma parte separada da sala de aula para cena do crime, com um boneco sujo de tinta guache vermelha, uma possível arma, como uma pá, e fita zebra. Para simulação da coleta da amostra da arma foi utilizado um swab e foram escolhidos três possíveis suspeitos entre os alunos para a próxima etapa de extração caseira de DNA.

A etapa seguinte foi a da eletroforese, realizada em cuba confeccionada em acrílico, com fonte de corrente contínua de 110V montada por alunos do curso de eletrônica e gel a partir de Ágar-ágar (utilizado como meio de cultura microbiológico), auxiliado pelos alunos do curso de química. As amostras foram compostas basicamente de diferentes corantes alimentícios (anilina) e glicerol. Foram aplicadas 4 amostras referentes a uma cena do crime e três suspeitos, sendo uma deles repetida (cena do crime e culpado).

Antes da aula teórica e após a aula prática foi aplicado um questionário (Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1hvrxurjEgYWjrmOrKtnXVrout0C0nRID/view?usp=sharing>) com o intuito de avaliar os conhecimentos prévios e os adquiridos dos alunos ao longo da aula proposta em genética forense.

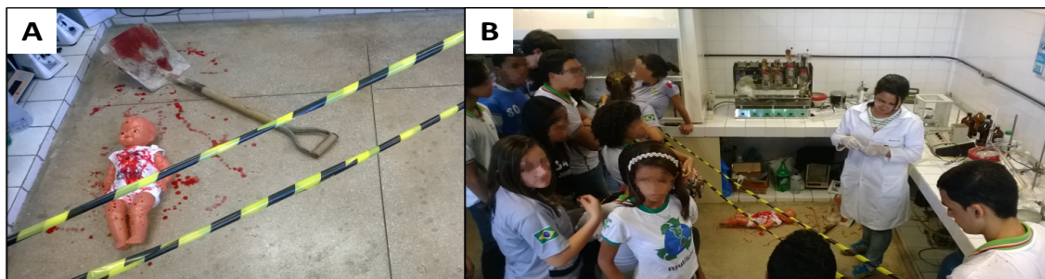
## RESULTADOS E DISCUSSÕES

O conteúdo de genética forense, faz parte da grade curricular do ensino médio, e através dele pode ser realizada a contextualização pela proximidade da resolução de problemas do cotidiano como paternidade e análise criminal, além da interdisciplinaridade exigindo conceitos de todas as ciências da natureza. Estas características do tema são ressaltadas nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), fazendo o aluno relacionar novos conhecimentos (BRASIL, 2021).

Na aula teórica inicial, os alunos associaram diretamente a genética forense aos seriados televisivos que tratam de investigação criminal. A ideia que eles produzem a partir desses seriados, é de resultados rápidos e totalmente precisos, na maioria das vezes sem nenhuma falha. Nessa conversa inicial foi abordado o “Efeito CSI” (COLE & DIOSO-VILLA, 2007) para que os alunos entendessem melhor a diferença entre ficção e realidade, e pudessem desmistificar a ideia de perfeição e rapidez de resultados descrita. O embasamento teórico administrado previamente foi importante para que as técnicas fossem compreendidas mais adiante na prática.


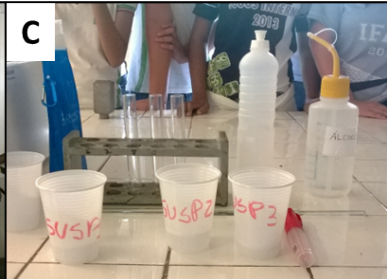
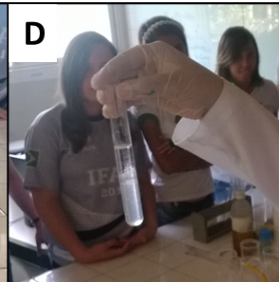
A preparação do local da aula prática foi reservada para a montagem da cena do crime, que consistiu de um boneco sujo de tinta guache vermelha, algo para simbolizar uma arma utilizada no crime (no caso uma pá) e uma fita zebra para isolar o local (Fig. 1A). Criamos uma situação de forma a envolver os alunos na atmosfera de uma possível investigação, coletando amostras na arma com um swab e elencando três possíveis suspeitos entre eles (Fig 1B).

**Figura 1.** Simulação da cena do crime. (A) Preparo do local com um boneco e uma pá utilizada como arma, ambos sujos de tinta vermelha. A área é isolada com fita zebra; (B) Coleta da amostra na cena do crime. Apenas o professor, simulando o perito, ultrapassa a fita zebra.



Com os suspeitos indicados realizamos o protocolo de extração de DNA (Fig. 2 A) através de um bochecho com solução salina (Fig. 2 B) que em seguida teve adição de detergente líquido para quebrar a membrana celular e álcool para precipitar as moléculas de DNA (Fig. 2 C), podendo ser visualizadas pelos alunos em forma de nuvem (Fig. 2 D). Todos esses procedimentos foram realizados com concomitante explicação de como ocorre em laboratórios de biologia molecular específicos para essas análises e quais são os reagentes utilizados nos protocolos neles estabelecidos.

**Figura 2.** Extração de DNA. (A) Protocolo de realização da extração de DNA; (B) Bochecho dos três suspeitos com solução salina; (C) Adição de detergente e álcool ao conteúdo do bochecho; (D) Precipitação do DNA na fase alcoólica em um tubo de ensaio.

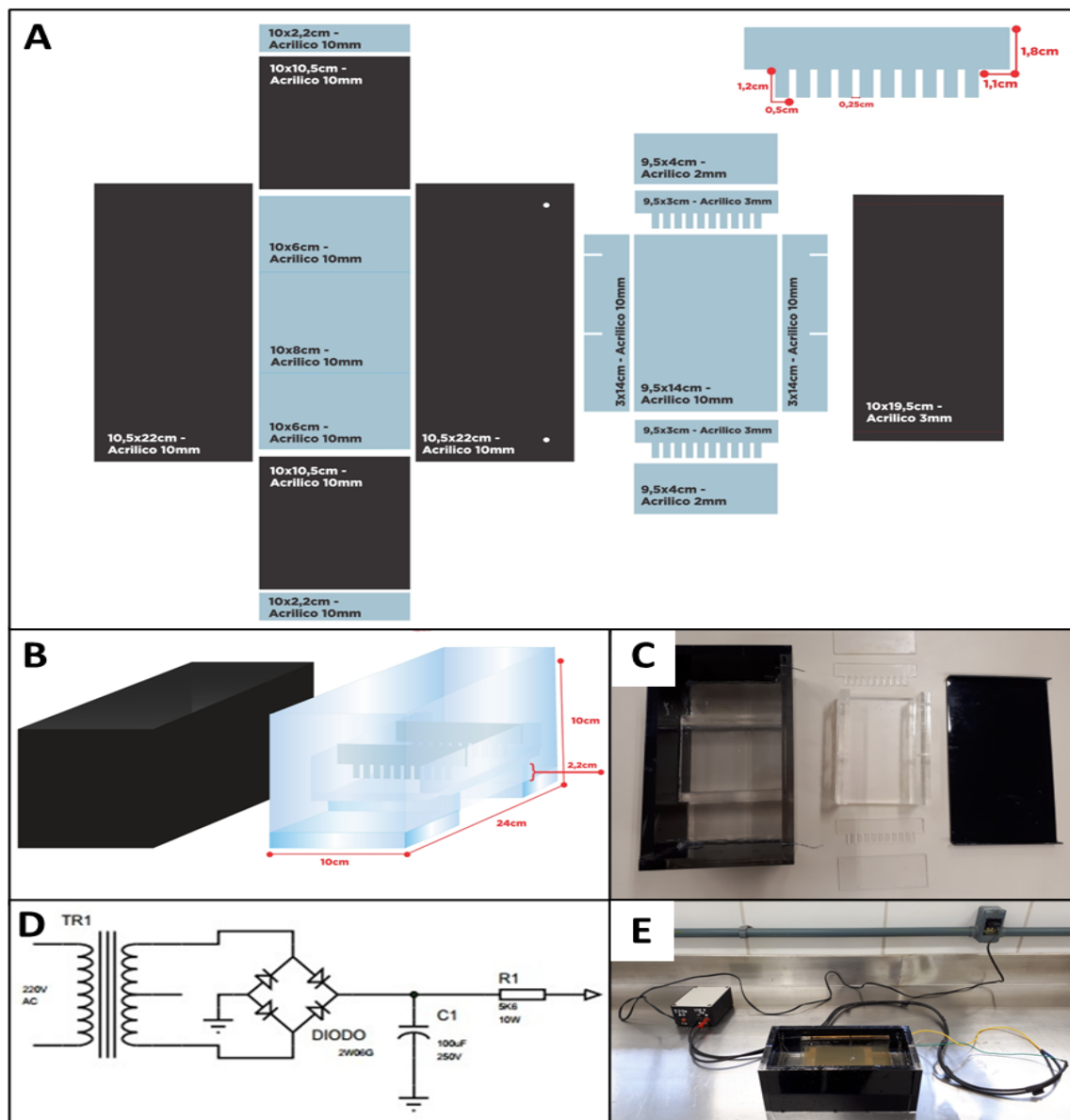
<b>A</b> EXTRAÇÃO DE DNA			
<b>Materiais:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>•3 Tubos de ensaio</li><li>•3 Copos descartáveis</li><li>•3 Bastões de vidro</li><li>•2 Colheres de chá de sal para cada copo descartável</li><li>•Água potável</li><li>•Detergente líquido</li><li>•Álcool comercial gelado</li></ul>			
<b>Métodos</b> <ul style="list-style-type: none"><li>•Realizar a distribuição da água nos três copos descartáveis (o suficiente para um bochecho)</li><li>•Distribuir igualmente o sal entre os copos e misturar a solução.</li><li>•Dar aos 3 alunos os copos para realização de um bochecho vigoroso por 1 minuto.</li><li>•Distribuir um pouco do conteúdo do bochecho em três tubos de ensaio (cada bochecho em um tubo).</li><li>•Adicionar 3 gotas de detergente em cada tubo de ensaio e misturar com o bastão de vidro.</li><li>•Adicionar uma medida qualitativa na proporção de 1/3 de álcool para a quantidade da solução do bochecho, em cada tubo de ensaio.</li><li>•Visualizar na fase alcoólica uma nuvem formada pelo DNA.</li></ul>			
<b>B</b> 	<b>C</b> 	<b>D</b> 	

O tamanho da cuba de eletroforese foi semelhante ao original, suficiente para a aplicação de 20 amostras, com espaço para dois pentes de 10 amostras cada. Foi confeccionada em acrílico, e pode ser reproduzida em qualquer empresa que use esse material (Fig. 3 A-C). A



fonte foi preparada por alunos do curso de eletrônica do Instituto Federal de Alagoas (Fig. 3 D-E).

**Figura 3.** Detalhes da cuba de eletroforese de acrílico e fonte. (A) Medidas absolutas das partes cortadas; (B) Visualização das peças montadas; (C) Cubo montado; (D) Fonte de Tensão 110 x 220 V. Componentes: 01- (TR1) Transformador 220 V x 110V – 500 mA; 01- (C1) Capacitor eletrolítico 100  $\mu$ F x 250 V; 04 –(DIODO) Diodos 1N4007; 02- Bornese para saída da fonte, 01- Resistor 5k  $\Omega$  x 10W; (E) Cubo ligado na fonte para realização do experimento.



O gel de eletroforese para a análise final e indicação do possível culpado feito a base de Ágar-ágar no dia anterior à aula para haver tempo suficiente para a polimerização, sendo acondicionado em geladeira (Fig. 4 A-F). O fio de platina, originalmente encontrada nas cubas originais de eletroforese foi substituído por fio de solda, tendo em vista que fio de cobre tem intensa reação química de eletrólise, enquanto o fio de solda, por ter uma reação de eletrólise mais lenta, pode ser utilizado várias vezes, além disso é facilmente encontrado, tem baixo custo e é mais simples de manuseio (Fig. 4 G). No momento da prática a cuba foi preenchida com água corrente (Fig. 4 H), inserido em seguida o gel.

A aplicação das amostras no gel (Fig. 5A-B) consistiu de misturas de anilinas (corante alimentício) de diferentes cores para que fosse possível a visualização de bandas de forma clara pelos alunos. Nesta etapa o glicerol adicionado aos corantes foi muito importante para que as amostras tivessem densidade suficiente para se depositar no fundo do poço. Na ausência de glicerol, os corantes se diluíram facilmente na água.

Enquanto a corrida do gel era realizada, prosseguimos com uma conversa com os alunos sobre o conteúdo abordado e reaplicamos o questionário inicial, para avaliar o aprendizado pós aula. Ao final da aula foi mostrado o resultado do gel de eletroforese (Fig. 5 C), indicando quem mais tinha probabilidades de ser o suspeito do crime e como podemos explicar isso estatisticamente através deste resultado, uma vez que nestes testes a porcentagem nunca é de 100% devido a aplicação de conceitos relativos a genética de populações. Neste momento também são referidos que este teste é ilustrativo e que não condiz ao uso de DNA e sim de corantes, mas que é uma simulação valiosa no âmbito educacional para que sejam entendidas as fases de obtenção de resultados na área de genética molecular.

Figura 4. Preparo do gel de Ágar. (A) Protocolo do preparo do gel de Ágar; (B) Adição do gel ainda líquido na cuba; (C) Cubra montada com o gel polimerizando; (D) Retirada das fitas adesivas após polimerização; (E) Retirada dos pentes pós polimerização; (F) Gel pronto para realizar a eletroforese; (G) Inserção do fio de solda na cuba; (H) Adição de água na cuba para corrida.

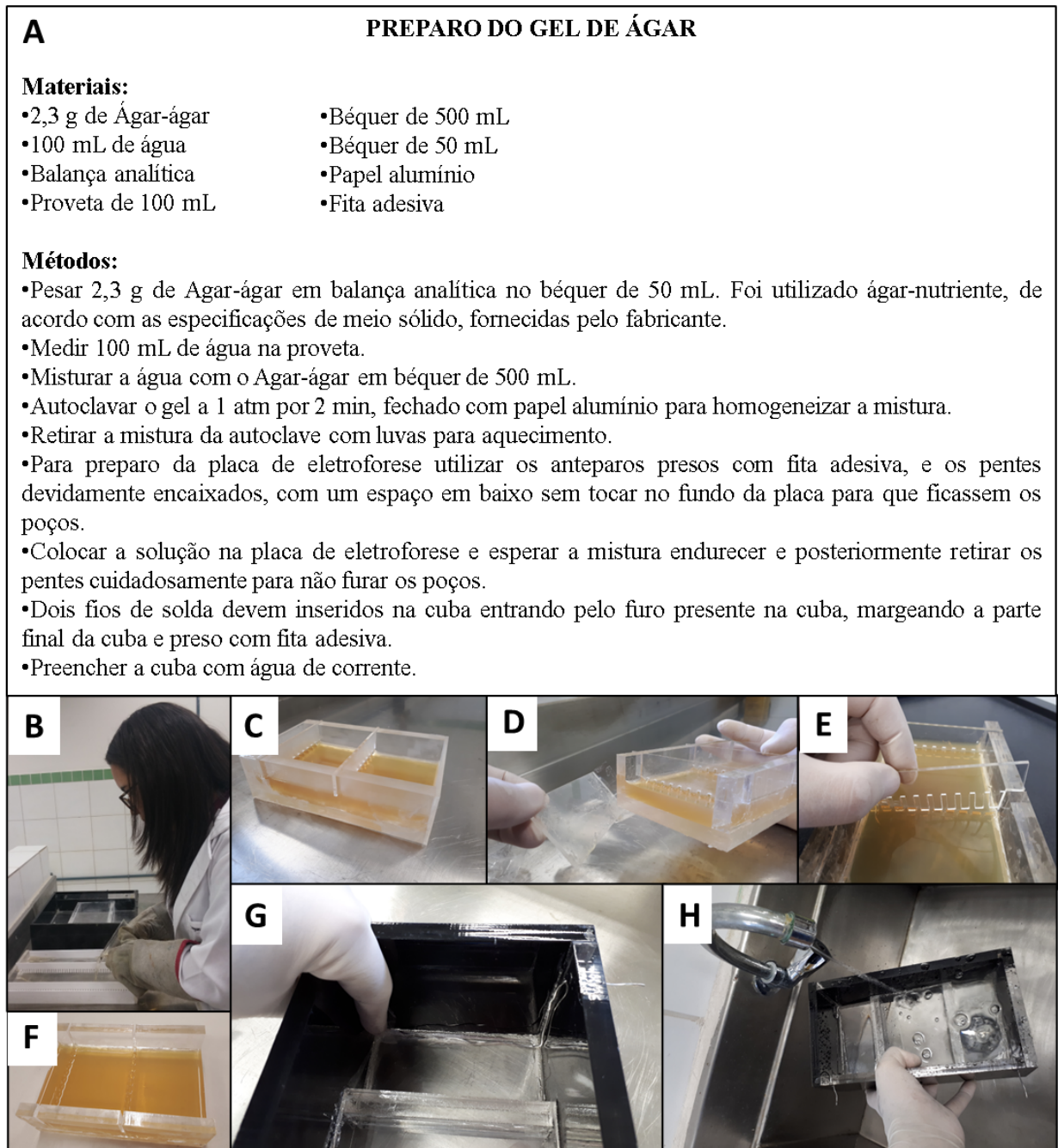




Figura 5. Preparo das amostras. (A) Protocolo de preparo das amostras com corante alimentício; (B) Aplicação das amostras nos poços do gel; (C) Visualização das bandas no gel após a corrida. No primeiro poço cena do crime, e na sequência os três suspeitos, sendo iguais as amostras 1 (cena do crime) e 3 (suspeito-culpado).

## **A** PREPARO DE CORANTES UTILIZADOS PARA REPRESENTAÇÃO DE DNA

### **Materiais:**

- Anilina verde
- Anilina Vermelha
- Anilina Azul
- Glicerol
- Tampão de carregamento utilizado em biologia molecular: 0,25% azul de bromefenol, 0,25% xileno cianol, 30% glicerol (Sambrook e Russel, 2001).

### **Métodos:**

Amostra do crime - colocar em um micro tubo:

- 33  $\mu$ L de anilina azul
- 33  $\mu$ L de anilina vermelha
- 132  $\mu$ L de glicerol

Suspeito 1- colocar em um micro tubo:

- 200  $\mu$ L de Tampão de carregamento utilizado em biologia molecular

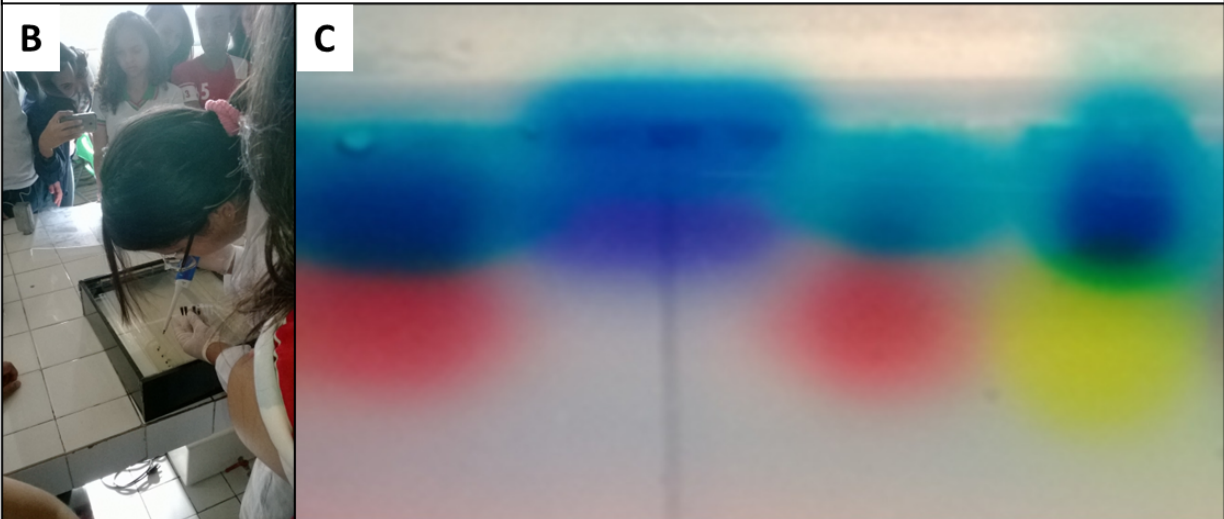
Suspeito 2- colocar em um micro tubo:

- 200  $\mu$ L de repetição da amostra do crime

Suspeito 3 – colocar em um micro tubo:

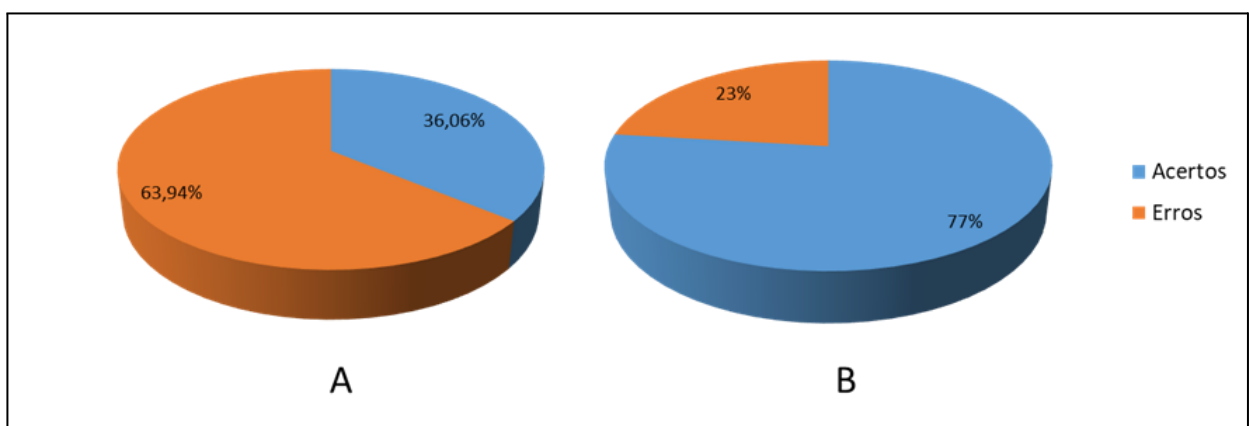
- 200  $\mu$ L de anilina verde

OBS: Para utilização no gel de eletroforese são pipetados 5  $\mu$ L de cada amostra acima citadas em cada poço separada segundo a ordem aqui estabelecida, sendo um dos poços a repetição da cena do crime, a quantidade que sobra pode ser armazenada em refrigerador e utilizada posteriormente na repetição dessa prática em sala.



Para evidenciar o aproveitamento do conteúdo da aula, comparamos os resultados dos questionários ao iniciar a aula teórica e ao finalizar a parte prática (Gráfico 01), sendo o mesmo para os dois períodos. Esse questionário possuía 8 questões de múltipla escolha referindo-se às técnicas e materiais utilizados na genética forense. O significativo aumento do número de acertos quando comparado o antes (36,06% - Gráfico 1 A) e o depois (77% - Gráfico 1 B) demonstrou que grande parte dos conteúdos, antes desconhecidos, foram devidamente absorvidos e sedimentados.

Gráfico 01: Avaliação de aprendizagem antes (Gráfico A) depois da aula (Gráfico B)



Apesar da importância do ensino da genética forense, a fração desse conhecimento nas aulas é muito pequena, principalmente em termos de práticas. Os valores dos laboratórios com equipamentos e reagentes para os procedimentos são geralmente inviáveis apenas para ensino, ficando restrito apenas a trabalhos desenvolvidos em projetos de iniciação científica, geralmente não condizente com a realidade do aluno (ALVES & COSTA, 2020). O mais comum é que sejam desenvolvidos jogos os quais são dinâmicos e motivam os alunos (CAMPOS *et al.*, 2010; CAMPOS *et al.*, 2018). Algumas propostas apresentadas se enquadram na explicação de técnicas e na ambientação, mas usam moldes com papel para isso (CARVALHO *et al.*, 2018) ou maquetes (OLIVEIRA & SILVEIRA, 2010). Partindo para uma prática laboratorial, algo similar foi realizado por Ramos *et al.* (2018) e Cardoso *et al.* (2021), com teste de paternidade, em ambos os casos sem uso de equipamentos laboratoriais.

Quanto mais fatores e impactos o aluno recebe, mais fácil o aprendizado. O trabalho proposto tem como benefício a múltipla ambientação do tema, seja na impactante cena do

crime, ao uso laboratorial de extração, eletroforese, com materiais preparados para essa especificidade como a cuba e a fonte, materiais de laboratório como Ágar-ágar além do swab e micropipetadores, aproximando e da utilização da metodologia para o caso real. Este uso laboratorial é indicado quando existe disponibilidade na instituição a ser realizada. Ressalta-se também a escolha dos alunos participantes voluntários durante a prática para participação do cenário, e o fato das metodologias utilizadas indicarem de forma eficiente o suspeito com uso da metodologia para para resolução de problemas.

## CONCLUSÃO

Com o propósito de fomentar o interesse e a participação dos alunos nas aulas de genética, foi estabelecida uma experiência de sala de aula com uma simulação da aplicação da biologia molecular com materiais de baixo custo. Nesta aula foi abordado o “Efeito CSI” e o que os alunos entendem por genética forense, após uma fundamentação teórica acerca das práticas realizadas para identificação de indivíduos.

Na aula prática os alunos foram ambientados ao tema de várias formas, inicialmente com uma cena de crime, com um boneco sujo de tinta guache vermelha simulando sangue, uma arma como uma pá e a fita zebra, criando uma atmosfera atraente e que gerou muito interesse. A seguir, a utilização dos alunos como suspeitos, e a aplicação metodológica com eles, tornou os alunos integrantes da prática, e não apenas espectadores. O fato de utilizar alguns materiais para laboratório, como vidrarias, Ágar-ágar, micropipetas também foi importante para a aproximação da simulação com a realidade. Como no IFAL fazem parte alunos de cursos técnicos, o auxílio deles para preparação do gel (química) e para a confecção da fonte (eletrônica) também foi um importante incentivo para os alunos que se disponibilizaram.

A realização dessa atividade em diferentes instituições trouxe como resultado uma aproximação dos alunos em relação ao conteúdo proposto, além de ressaltar o papel da extensão como ferramenta educativa em diferentes âmbitos sociais, visto que monitores aplicaram as aulas com o auxílio dos docentes em outras instituições, possibilitando assim a colaboração no processo educativo e aumentando o fluxo de conhecimento ao aprender e transmitir os temas propostos.

O objetivo de divulgação e conhecimento do tema foi extrapolado pelos alunos que adquiriram melhor senso crítico ao que é divulgado na mídia, e um discernimento entre ficção e realidade. A apropriação do conhecimento foi adquirida de forma lúdica e interativa, e a relação entre prática e teoria tornaram o assunto fácil de transmissão por parte docente e fácil de aprender por parte discente.

## REFERÊNCIAS

ALVES, L. C.; COSTA, H.S. **Ensino de biotecnologia: um panorama de suas abordagens no país da biodiversidade**. South American Journal of Basic Education and Technical and Technological, v.07, n.02, p.816-835, 2020.

BRASIL, 2021. MEC. **Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs)** <<http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf1/PCNs.pdf>>. Acesso em: 14.11.2022.

CAMPOS, C. K. P. *et al.* **Exames de paternidade pelo DNA: uma metodologia para ensino de genética molecular**. Genética na Escola, 05.02, p. 07-13, 2010.

CAMPOS, R.; MENEZES, M. C. V. A.; ARAÚJO, M. **Ensinar genética e evolução por meio de jogos didáticos: superando concepções alternativas de professores de ciências em formação**. Genética na Escola, v.13, n.1, p. 24-37, 2018.

CARDOSO, T. C. *et al.* **Biologia forense no ensino de genética molecular em três escolas estaduais de Canto de Buriti**. Revista Prática Docente. v. 6, n. 3, p.1-24, e080, 2021.

CARVALHO, E. *et al.* **O mistério de Marie Rogêt: um jogo de investigação como ferramenta para a aprendizagem e contextualização da genética**. Genética na Escola, v.13, n.2, p.202-221, 2018.

COLE, S. A.; DIOSO-VILLA, R. **CSI and its Effects: Media, Juries, and the Burden of Proof**. New England Law Review, Vol. 41, No. 3, 2007.

DOLINSKY, C. L.; PEREIRA, L. M. C. V. DNA Forense. **Saúde e Ambiente**, v. 2, n.2, p.11-22, 2007.

OLIVEIRA, F. B.; SILVEIRA, R. M. V. **O teste de DNA na sala de aula: é possível ensinar biologia a partir de temas atuais?**. Genética na Escola, 05.01, p.01-04, 2010.

RAMOS, V. D. S.; AIRES, R. M.; GÓES, A. C. S. **O princípio elementar de Mendel aplicado ao teste de paternidade: uma simulação a partir do triângulo amoroso em Dom Casmurro**. Genética na Escola, v.13, n.1, p. 70-81, 2018.

## AGRADECIMENTOS

Ao aluno Tainnes Costa Araújo e ao professor Alberto Jorge Santos de Almeida, do curso de eletrônica do IFAL pela confecção da fonte de eletroforese. A técnica Isabel Cavalcante pelo auxílio na utilização dos laboratórios. Ao PIBID - Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência por bolsas e custeio das atividades.