

EXTRAÇÃO DE DNA DE MORANGO (*Fragaria ananassa*) COMO FERRAMENTA PRÁTICA PARA O ENSINO DO CONTEÚDO GENÉTICA

Beatriz Santana de Andrade¹

Bryan Teixeira Coelho Dias²

Elen Cristina Soares da Silva³

Gabriela Thais Boaventura Santos⁴

Jeyson Césary Lopes⁵

1 INTRODUÇÃO

Para o processo de ensino-aprendizagem, uma boa didática é imprescindível para garantir o entendimento do conteúdo apresentado aos alunos e, conseqüentemente, a expansão de seus conhecimentos. De acordo com Wilsek e Tosin (2010), é necessário adotar um pluralismo metodológico que leve em consideração a diversidade de recursos pedagógico-tecnológicos disponíveis e a amplitude dos conhecimentos científicos a serem abordados na escola. No entanto, apesar de ser um recurso fundamental para o ensino e a aprendizagem, a metodologia de aulas práticas muitas vezes não é empregada.

No ensino do conteúdo de genética, como parte da disciplina de Biologia no ensino médio, enfrenta-se maiores desafios para incorporar aulas práticas. Isso se deve, em grande parte, à necessidade de equipamentos avançados e caros, o que torna a implementação dessas atividades mais complexa.

O DNA (ácido desoxirribonucleico), cuja estrutura foi elucidada pelos biólogos norte-americanos James Dewey Watson e Francis Harry C. Crick em 1952, é composto por duas cadeias paralelas de nucleotídeos unidos em sequência, formando uma dupla-hélice (AMABIS; MARTHO, 1997). Cada nucleotídeo é constituído pela combinação de três componentes: fosfato, base nitrogenada (sendo as púricas adenina e guanina, e as pirimídicas timina e citosina), e o açúcar desoxirribose (LOPES; ROSSO, 2010).

O *Fragaria ananassa*, de origem europeia, possui uma textura macia e é facilmente homogêneo. Além disso, essa planta também produz enzimas como pectinases e celulasas, que desempenham um papel na degradação da pectina e da celulose, presentes nas paredes celulares das células vegetais.

No cenário atual, a extração de DNA tem recebido grande destaque em várias áreas de pesquisa, desempenhando um papel crucial na biotecnologia, na medicina e até mesmo em aplicações forenses. É fundamental informar e destacar, por meio deste estudo, a importância da extração de DNA, sua presença no cotidiano da população e até que ponto essa tecnologia influencia e reflete na vida de cada indivíduo. Além disso, a extração de DNA desempenha um papel essencial na integração dos cidadãos em uma

¹ Discente do curso de Ciências Biológicas (UNIPAM). E-mail: beatrizandrade@unipam.edu.br.

² Discente do curso de Ciências Biológicas (UNIPAM). E-mail: bryandias@unipam.edu.br.

³ Discente do curso de Ciências Biológicas (UNIPAM). E-mail: elensoares@unipam.edu.br.

⁴ Discente do curso de Ciências Biológicas (UNIPAM). E-mail: gabrielaboaventura@unipam.edu.br.

⁵ Docente do curso de Ciências Biológicas (UNIPAM). E-mail: jeysoncl@unipam.edu.br.

sociedade industrializada e globalizada, na qual a ciência e a tecnologia desempenham um papel cada vez mais significativo.

Com base no exposto, o objetivo principal deste estudo foi verificar a presença de moléculas de DNA em morangos (*Fragaria ananassa*) por meio da observação visual, além de compreender e descrever as transformações físicas e químicas que ocorrem no final da experiência. Além disso, o estudo buscou avaliar a viabilidade da realização dessa prática no contexto escolar, considerando sua aplicação como uma ferramenta educacional.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 GENÉTICA

Desde tempos imemoriais, a humanidade se viu diante de inúmeras questões, que variavam desde a semelhança entre filhotes e seus progenitores até o aparecimento de doenças nos filhos cujos pais também eram afetados. Além disso, havia o mistério do surgimento de plantas a partir de sementes e diversas outras incógnitas. Para tentar explicar esses fenômenos, a teoria da mistura foi proposta, sugerindo que vários fatores se combinavam para formar um único composto (GRIFFITHS *et al.*, 2016).

Contudo, com o tempo, essa teoria mostrou-se insuficiente para responder a todas as perguntas. Foi nesse contexto que Gregor Mendel, um monge austríaco, iniciou suas experimentações com a polinização cruzada de sementes de ervilha. Durante seus estudos, ele identificou que os fatores, que hoje chamamos de genes, não se mesclavam, mas sim, eram transmitidos de geração em geração de forma intacta (GRIFFITHS *et al.*, 2016).

No seu experimento, Mendel postulou que cada ervilha continha duas cópias do fator que controla a cor das flores, as quais correspondem às células somáticas. Entretanto, quando essas plantas entravam no estágio reprodutivo e produziam gametas (óvulos e espermatozoides), apenas uma cópia do gene era transmitida para essas células reprodutivas. Como resultado, ao final do processo reprodutivo, um novo indivíduo era formado, contendo duas cópias do gene da cor da flor em cada uma de suas células (GRIFFITHS *et al.*, 2016).

Além disso, Mendel identificou a existência de duas variantes gênicas, conhecidas como alelos recessivos e dominantes, que são responsáveis pelas diferentes combinações e possibilidades genéticas dos indivíduos. Apesar de suas notáveis descobertas, o trabalho de Mendel, realizado em 1865, foi em grande parte esquecido por um longo período. Somente em 1900, o biólogo britânico William Bateson teve acesso a uma cópia do artigo de Mendel, o estudou e se impressionou com as descobertas do falecido cientista. Em 1905, Bateson introduziu o termo “genética”, que significa o estudo dos genes, marcando um avanço significativo na área, que continua a evoluir com as incessantes descobertas, impulsionadas pelas tecnologias cada vez mais avançadas (GRIFFITHS *et al.*, 2016).

2.2 MÉTODOS PRÁTICOS PARA O ENSINO DE GENÉTICA

A Genética é uma disciplina no campo da Biologia que se dedica ao estudo da hereditariedade, da estrutura e das funções dos genes. Em outras palavras, a Genética analisa o material genético, seus componentes, e como as características hereditárias são transmitidas de uma geração para a seguinte (LOPES; ROSSO, 2007). Essa ciência permite a compreensão de como as características presentes em cada organismo são passadas aos seus descendentes.

Muitas pesquisas têm se concentrado em avaliar o nível de conhecimento e a percepção dos jovens sobre genética ao final de sua educação obrigatória, bem como em como eles interpretam as questões decorrentes da aplicação das novas tecnologias genéticas em diversos contextos (SCHEID; FERRARI; DELIZOICOV, 2005). Entretanto, os resultados desses estudos frequentemente são preocupantes, já que revelam que, em muitos casos, nem mesmo conceitos básicos de genética são compreendidos adequadamente.

Da mesma forma, as pesquisas que buscam identificar os desafios enfrentados pelos professores, tanto no início de sua carreira docente, durante sua formação inicial, como ao longo de sua trajetória profissional, frequentemente destacam as dificuldades relacionadas ao ensino da genética e suas tecnologias (SCHEID; FERRARI; DELIZOICOV, 2005).

Essas investigações levam a uma reflexão sobre o desenvolvimento da formação de professores de Ciências Biológicas. Provavelmente, um dos obstáculos no processo de ensino-aprendizagem reside na persistente visão positivista da ciência, que ainda prevalece e promove uma racionalidade técnica na qual o professor é encarregado de possuir verdades já descobertas, transmitindo-as aos alunos como informações prontas e inquestionáveis (SCHEID; FERRARI; DELIZOICOV, 2005).

A História da Ciência, quando integrada à educação científica, pode oferecer uma orientação valiosa aos alunos, permitindo que compreendam a ciência como um empreendimento humano construído por meio da interação entre o sujeito que busca conhecimento, o objeto do conhecimento e o “estado do conhecimento” disponível (FLECK, 1986 *apud* SCHEID; FERRARI; DELIZOICOV, 2005). Nesse sentido, como destacado por Leite (2004), o professor pode atuar como mediador entre os historiadores da ciência e os alunos, utilizando a História e a Ciência como ferramentas para questionar concepções sobre a ciência e seus conteúdos.

A concepção de Ludwik Fleck é valiosa na interpretação dos relatos sobre o desenvolvimento do conhecimento científico que levou, por exemplo, à formulação do modelo da dupla hélice para a molécula de DNA e sua posterior aceitação pela comunidade científica (SCHEID; FERRARI; DELIZOICOV, 2005).

Nesse contexto, Fleck, com base em suas considerações sobre as compreensões e práticas estabelecidas pela ciência médica, introduz os conceitos de “estilo de pensamento” e “coletivo de pensamento”, argumentando que o ato de conhecer está intrinsecamente ligado aos contextos sociais e culturais que moldam o sujeito inserido em um coletivo de pensamento. Esse coletivo pode ser entendido como uma comunidade de indivíduos que compartilham práticas, concepções, tradições e orientações. É importante ressaltar que cada coletivo de pensamento possui uma

abordagem única para compreender o objeto do conhecimento e se relacionar com ele, sendo determinada pelo estilo de pensamento que o caracteriza (SCHEID; FERRARI; DELIZOICOV, 2005).

Diante disso, a inclusão da História da Ciência, ou seja, a narrativa da construção do conhecimento, pode desempenhar um papel facilitador na educação científica, especialmente quando se considera a natureza dinâmica do conhecimento científico. Ao ser aplicada no ensino da Genética, essa abordagem deve levar o aluno a compreender que a ciência é uma construção que está intrinsecamente ligada a fatores socioculturais e históricos. Além disso, a História da Ciência pode contribuir para a compreensão dos conceitos fundamentais da disciplina (SCHEID; FERRARI; DELIZOICOV, 2005).

Nesse sentido, a recomendação de incorporar a História da Ciência nos cursos de formação de professores contribui para uma nova abordagem da ciência como um conhecimento dinâmico, produzido por seres humanos que enfrentam limitações e utilizam instrumentos nem sempre perfeitos. A compreensão de um fato científico não pode ocorrer fora do contexto da história do pensamento e está intrinsecamente ligada a um estilo de pensamento específico (FLECK, 1986 *apud* SCHEID; FERRARI; DELIZOICOV, 2005).

Ao permitir uma visão mais apropriada da produção e evolução do conhecimento científico, a História da Ciência pode oferecer contribuições valiosas à educação científica, especialmente no campo da genética, que está passando por um rápido processo de renovação de conhecimentos. É importante destacar que, frequentemente, os conteúdos são apresentados de forma fragmentada e descontextualizada, sem conexão com a realidade dos alunos, o que compromete a qualidade e eficácia do processo de ensino e aprendizagem (KRASILCHIK, 2004).

Exemplificando a dificuldade de compreensão, quando os alunos não conseguem entender a relação entre um gene (um fragmento de DNA com uma localização específica em um cromossomo) e a informação genética que esse gene transmite (que determina as características específicas do produto do gene), isso torna a compreensão de tópicos relacionados à herança genética no ensino de Genética praticamente inatingível (JUSTINA; FERLA, 2013).

Conseqüentemente, os estudantes terão dificuldades em compreender o conceito de alelos e sua relação direta com a transmissão de características entre os indivíduos. Isso levará os alunos a concepções desconexas e prejudicará a compreensão de todo o processo. Portanto, para uma compreensão efetiva dos conceitos gerais da Genética, é essencial que os alunos tenham uma compreensão prévia e concreta do que é um gene, onde ele se encontra (sua localização física, seja no tecido, órgão, célula ou no DNA) e como as informações contidas nesses genes são expressas (JUSTINA; FERLA, 2013).

Dessa forma, o uso de modelos didáticos como recurso metodológico para o ensino de Genética na formação inicial dos professores torna-se de suma importância. Isso porque esses modelos possibilitam que, por meio da instrumentalização do conhecimento sobre a metodologia e suas possibilidades, os licenciados possam vir a fazer uso desses recursos em sua prática docente.

2.3 DNA: ESTRUTURA E REPLICAÇÃO

A estrutura do DNA, conforme postulada por Watson e Crick, consiste em uma dupla-hélice antiparalela composta por nucleotídeos e quatro bases nitrogenadas: adenina, citosina, guanina e timina. Esta estrutura sugere que as sequências de nucleotídeos nas duas fitas de DNA são responsáveis pela formação padronizada de um organismo. A ideia de complementaridade demonstra que a sequência de uma fita determina a sequência da outra. Portanto, os dados genéticos presentes no DNA podem ser transmitidos da célula-mãe para a célula-filha, já que cada fita atua como molde na replicação de uma nova dupla-hélice de DNA (GRIFFITHS *et al.*, 2016).

As bases nitrogenadas presentes no DNA (adenina, timina, citosina e guanina) são compostas de bases púricas e pirimídicas, de modo que, adenina e guanina derivam quimicamente da substância purina e suas estruturas formam dois anéis aromáticos. Enquanto que timina e citosina originam-se da pirimidina e compõem apenas um anel aromático. Desse modo, observou-se que o DNA era composto por ligações entre base nitrogenada, desoxirribose e fosfato. Sendo essas ligações feitas a partir das chamadas pontes de hidrogênio e a ligação fosfodiéster, e a partir disso, os nucleotídeos ligam-se entre si até formarem o DNA (MENCK, 2017).

As regras relacionadas à composição da dupla-hélice do DNA são fundamentais para a estrutura e a replicação do DNA. A primeira regra estabelece que a quantidade total de bases purinas (adenina e guanina) seja igual à quantidade total de bases pirimidinas (timina e citosina), o que garante a complementaridade entre essas bases. Isso significa que, no DNA, a quantidade de adenina é sempre igual à quantidade de timina, e a quantidade de citosina é igual à quantidade de guanina. A segunda regra ressalta que, embora a quantidade de adenina seja igual à quantidade de timina, e a quantidade de citosina seja igual à quantidade de guanina, não é necessário que a quantidade de adenina + timina seja igual à quantidade de citosina + guanina, e vice-versa (MENCK, 2017).

Na replicação do DNA, a hipótese aceita é o modelo semiconservativo, que também foi proposto por Watson e Crick. De acordo com esse modelo, a dupla-hélice do DNA se desenrola, e cada fita serve de molde para a montagem de novas bases complementares, seguindo a regra de ligação entre adenina e timina, guanina e citosina. Essa concepção de replicação semiconservativa se baseia no fato de que a nova dupla-hélice é formada a partir de uma das fitas conservadas da dupla-hélice anterior. Dessa forma, a cada ciclo de replicação, uma fita é preservada, enquanto uma nova fita é gerada a partir dela (GRIFFITHS *et al.*, 2016).

A replicação do DNA em eucariotos ocorre com a assistência de várias enzimas. Primeiramente, o complexo de reconhecimento de origem (ORC) é responsável por identificar as origens de replicação e auxiliar na ativação da helicase, que tem a função de desfazer as pontes de hidrogênio da dupla-hélice do DNA. Após o desenrolamento da dupla-hélice, a fita simples de DNA é estabilizada pelo fator de replicação A. Em seguida, a topoisomerase atua para remover as torções que surgem na fita. Posteriormente, ocorre a síntese de primers de RNA pelo complexo DNA polimerase delta-primase, que insere os primers na fita de DNA. A DNA polimerase entra em cena para alongar a sequência de DNA. Na etapa seguinte, os primers de RNA são removidos

e substituídos por bases de DNA, um processo realizado pela enzima FEN1. Por fim, a DNA ligase I une os fragmentos de Okazaki, que são pequenos segmentos formados após a remoção dos primers de RNA (GRIFFITHS *et al.*, 2016).

2.4 EXTRAÇÃO DO DNA DE VEGETAIS

Muito se tem recorrido a propostas de atividades práticas para facilitar o ensino de Genética, como no estudo de Gonçalves (2021), que utilizou materiais simples e de baixo custo para extrair o DNA (ácido desoxirribonucleico) das células de frutas comuns na mesa dos brasileiros, como tangerina (*Citrus reticulata*) e manga (*Mangifera indica*).

De acordo com Andre *et al.* (2021), a prática de extração de DNA de plantas, devido ao seu baixo custo, foi escolhida para ser implementada pelos professores, pois oferece aos alunos a oportunidade de reproduzir a prática em casa, utilizando frutas e cebola, enquanto demonstra reações químicas e etapas como maceração, densidade, separação de líquidos e sólidos, culminando com a compreensão do que é o DNA.

Para desenvolver metodologias inovadoras e diversificadas com o objetivo de promover a construção do conhecimento, Santos *et al.* (2020) criaram uma oficina pedagógica chamada “Brincando de geneticista: descobrindo o DNA”. O objetivo dessa oficina era identificar e reconhecer a molécula de DNA em dois vegetais, a banana e o morango, bem como compreender a importância dessa molécula para a vida. Essa abordagem estimulou os alunos de escolas públicas de baixa renda a se envolverem ativamente no processo de aprendizagem.

Além disso, com o intuito de tornar as aulas mais participativas e promover a compreensão dos conceitos de genética, Fagundes *et al.* (2022) propuseram uma atividade na qual os alunos poderiam montar seu próprio experimento de extração do DNA. Isso permitiu que os alunos relacionassem a importância da genética em um contexto mais amplo, demonstrando que o DNA está presente em todas as formas de vida.

Com o objetivo de promover o acesso, a democracia e a inclusão no ensino, Matsuo *et al.* (2021) desenvolveram uma oficina de ciências da natureza em ambiente remoto, utilizando a plataforma Moodle. Nesse contexto, aplicaram o método investigativo para ensinar conceitos relacionados à vida, incluindo DNA e pigmentos, direcionada a alunos do ensino fundamental II e ensino médio. Uma das experiências promovidas foi a extração do DNA de plantas, na qual os próprios estudantes realizaram ações práticas.

Para facilitar a aprendizagem, materiais de baixo custo foram utilizados, e as orientações foram fornecidas por meio da plataforma. Essas atividades visavam estimular os alunos a formular hipóteses, discutir com os colegas, desenvolver argumentos sólidos e persuasivos, além de promover a capacidade de reconhecer e corrigir erros. Os estudantes também tiveram a oportunidade de documentar o experimento por meio de fotos e compartilhar suas descobertas no fórum de apresentação (MATSUO *et al.*, 2022).

É importante destacar que as dificuldades no ensino da Genética não estão restritas apenas aos alunos, mas também afetam os professores. Algumas pesquisas revelaram que alguns professores não conseguiram identificar que certos elementos de

organismos possuíam DNA, mesmo após conduzir pesquisas a respeito. Além disso, foi observado que alguns professores utilizam protocolos de extração de DNA de forma incorreta, erroneamente apontando que a substância encontrada no sobrenadante seja o DNA, o que não é preciso (FURLAN *et al.*, 2011).

Na realidade, o DNA fica localizado na camada intermediária do sobrenadante, enquanto a substância presente na superfície da solução aquosa são pectinas, um tipo de polissacarídeo encontrado em grande quantidade em frutas como banana e morango. Isso será explicado mais detalhadamente ao longo do trabalho.

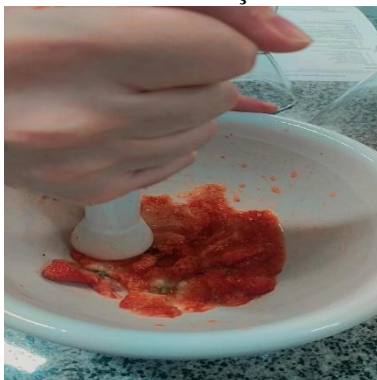
3 MATERIAL E MÉTODO

A prática de extração de DNA foi conduzida no laboratório de genética do Centro Universitário de Patos de Minas, localizado no Bloco M. Os materiais e equipamentos utilizados para o procedimento experimental incluíram: 6 morangos; 100ml de água destilada; 5g de NaCl; 60ml de sulfonato de aquil benzeno e 100ml de álcool etílico a 70% gelado. Os equipamentos utilizados foram: cadinho e pistilo, usados no processo de maceração; béquer e proveta de 100ml, utilizados para medir e armazenar os conteúdos. Já o bastão, o papel filtro e o funil de vidro serviram para auxiliar no manejo de algumas soluções e filtragem. Enquanto que o banho-maria a 60 °C foi utilizado para aquecer o líquido adquirido da extração dos morangos com a solução de sulfonato de aquil benzeno e NaCl e caixa de isopor com gelo, para auxiliar no resfriamento do filtrado.

Sendo assim, no desenvolvimento do experimento seguiu-se os seguintes passos:

1. Foram cortados e macerados cerca de 5 morangos com o auxílio de um cadinho e um pistilo (Figura 1).

Figura 1: Corte e maceração dos morangos



2. Preparou-se uma solução contendo NaCl e sulfonato de aquil benzeno, dissolvendo ambos em um béquer contendo 100 ml de água destilada (Figura 2).

Figura 2: Solução de NaCl e sulfonato de aquil benzeno



3. Os morangos foram adicionados a essa solução.

4. A mistura foi aquecida em banho-maria por 15 minutos cronometrados (Figura 3).

Figura 3: Misturas em banho-maria



5. Após a etapa de banho-maria, a solução foi retirada e imediatamente colocada em uma caixa de isopor com gelo, onde permaneceu por 5 minutos (Figura 4).

Figura 4: Misturas no gelo



6. A solução foi filtrada com o auxílio de papel de filtro e um funil de vidro em um frasco Erlenmeyer de 250ml (Figura 5).

Figura 5: Filtragem da solução



7. O filtrado foi transferido para um béquer de vidro com capacidade de aproximadamente 250ml, considerando a quantidade obtida após a filtração.
8. Lentamente, foram adicionados 100ml de álcool a 70% gelado a essa solução, observando os resultados (Figura 6).

Figura 6: Adição do álcool a 70% gelado ao conteúdo filtrado



9. Com um bastão limpo, realizaram-se movimentos circulares na solução, misturando as fases formadas.

O conteúdo obtido foi observado e analisado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao término do experimento, obteve-se o DNA do morango em uma solução com três fases visíveis. A fase mais precipitada corresponde à solução aquosa, a fase intermediária contém o DNA e a fase mais superficial contém o álcool. Isso ocorre devido às diferenças de densidade entre as substâncias envolvidas. O álcool gelado é menos denso que a solução aquosa, enquanto o DNA é menos denso que a solução aquosa, mas mais denso que o etanol (Figuras 7, 8 e 9).

Figuras 7, 8 e 9: DNA extraído do morango em três fases, a mais densa de solução aquosa, a intermediária de DNA e a menos densa de álcool etílico



Furlan *et al.* (2011) observam que estratégias de ensino da genética e dos ácidos nucleicos, como a extração de DNA de morangos e bananas, são amplamente utilizadas nas escolas de ensino fundamental e médio. No entanto, muitas vezes, essas atividades são conduzidas de forma incorreta, com os professores erroneamente apontando para a camada superficial, que é gelatinosa e contém bolhas de ar, como a que contém as moléculas de DNA. Na verdade, essa camada consiste em pectina, um polissacarídeo presente em muitos vegetais, como morangos e bananas.

Os autores também destacam que o DNA é a camada intermediária entre a solução aquosa e o álcool etílico. Essa camada se caracteriza por formar um emaranhado de filamentos muito finos, assemelhando-se a fios de algodão ou a uma nuvem, que aderem ao bastão de vidro quando este é introduzido na solução. Por outro lado, a camada de pectina tem uma aparência semelhante à geleia e se dissolve ao entrar em contato com o bastão de vidro.

Segundo Pereira, Campos Júnior e Bonetti (2010), o processo de maceração do morango é necessário para aumentar a superfície de contato e homogeneizar o tecido vegetal. A adição do detergente (sulfonato de aquil benzeno) tem como objetivo emulsionar os lipídios, desestruturando a bicamada lipídica e rompendo a membrana plasmática das células. O aquecimento da solução é realizado para aumentar a temperatura, o que resulta no aumento da energia cinética, na ruptura das membranas celulares e na desnaturação de proteínas e enzimas, como histonas e DNAses, inibindo a interação delas com o DNA.

Os mesmos autores mencionados anteriormente explicam que a adição de cloreto de sódio à solução se deve à capacidade dos cátions Na^+ de neutralizarem grupos de fosfato do DNA e ânions de Cl^- de neutralizarem histonas, o que favorece a aglutinação do DNA. Eles também ressaltam a importância do uso do banho-maria e da subsequente queda brusca de temperatura levando a solução ao gelo, o que ajuda a manter as proteínas em seu estado desnaturado, prejudicando a interação delas com a molécula de DNA. A etapa de filtração é crucial para evitar a presença de resíduos celulares que não sejam DNA. Quanto ao álcool, é importante observar que quanto mais gelado ele estiver, menos solúvel o DNA será na solução, uma vez que o DNA não é solúvel no etanol.

5 CONCLUSÃO

Com base nas condições experimentais descritas neste estudo, pode-se concluir que o DNA foi identificado na fase intermediária do filtrado final. Além disso, constata-se que essa prática pode ser realizada em escolas públicas com recursos limitados de laboratório, equipamentos básicos e vidrarias, sendo também viável de ser conduzida na residência dos estudantes.

REFERÊNCIAS

AMABIS, J. M.; MARTHO, G. R. **Fundamentos da biologia moderna**. 2. ed. São Paulo: Editora Moderna, 1997.

ANDRE, M. F. *et al.* Desvendando fatos: extração de DNA de bulbo e frutos por meio de atividades remotas e de baixo custo desenvolvidas pelo PIBID. *In*: ANDRE, M. F. *et al.* **Química: ensino, conceitos e fundamentos**. [S. l.]: Editora Científica Digital, 2021. p. 27-38. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.37885/210504566>.

FAGUNDES, S. S. *et al.* A prática experimental: extração de DNA aplicada ao ensino básico. **Physicae Organum**, Brasília, v. 8, n. 1, p. 233-248, 2022. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/physicae/article/view/42273>.

FURLAN, C. M. Extração de DNA vegetal: o que estamos realmente ensinando em sala de aula?. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 33, n. 1, p. 01-05, 2011. Disponível em: http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos_teses/2011/quimica/artigos/extr_dna_vegetal.pdf.

GONÇALVES, T. M. Propondo uma atividade prática: extraindo DNA de frutas tropicais para potencializar o ensino de biologia no ensino médio. *In*: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM CIÊNCIAS, 6., 2021, [S. l.]. **Anais [...]**. [S. l.]: CONAPESC, 2021. p. 01-05. Disponível em: https://editorarealize.com.br/editora/anais/conapesc/2021/TRABALHO_EV161_MD4_SA101_ID1366_08102021170736.pdf.

GRIFFITHS, A. J. F. *et al.* **Introdução a genética**. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016. 780 p.

JUSTINA, L. A. D.; FERLA, M. R. A utilização de modelos didáticos no ensino de genética - exemplo de representação de compactação do DNA eucarioto. **Arquivos do Mudi**, Maringá, v. 11, n. 1, p. 35-40, 2013. Disponível em <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ArqMudi/article/view/19993>.

KRASILCHIK, M. **Prática de ensino de Biologia**. 4. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2004. 197 p.

LEITE, R. C. M. **A produção coletiva do conhecimento científico: um exemplo no ensino de genética.** 2004. 219 f. Tese (Doutorado em Educação), Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004. Disponível em: <http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/87537>.

LOPES, S.; ROSSO, L. **Biologia.** São Paulo: Editora Saraiva, 2007. p. 424-451

LOPES, S.; ROSSO, S. **Biologia:** volume 1. 1. ed. São Paulo: Saraiva, 2010.

MATSUO, J. Q. *et al.* Investigação e TDIC no ensino e aprendizagem de Ciências: relato de uma oficina acerca da relação entre vida, pigmentos e DNA de plantas. **Physicae Organum - Revista dos Estudantes de Física da UnB**, Brasília, v. 7, n. 2, p. 164-181, 2021. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/physicae/article/view/40365>.

MENCK, C. F. M.; SLUYS, M. V. **Genética molecular básica: dos genes ao genoma.** 1. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2017.

PEREIRA, B. B.; CAMPOS JÚNIOR, E. O.; BONETTI, A. M. Extração de DNA por meio de uma abordagem experimental investigativa. **Genética na Escola**, Uberlândia, v. 5, n. 2, p. 20-22, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.55838/1980-3540.ge.2010.103>.

SANTOS, R. M. F. *et al.* Integrando universidade e escola: relato de experiência de Oficina “Brincando de geneticista: descobrindo o DNA”. **Revista de Divulgação Científica Sena Aires**, Valparaíso de Goiás, v. 9, n. 3, p. 529-538, 2020. Disponível em: <http://revistafacesa.senaaires.com.br/index.php/revisa/article/view/598>.

SCHEID, N. M. J.; FERRARI, N.; DELIZOICOV, D. A construção coletiva do conhecimento científico sobre a estrutura do DNA. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 11, n. 2, p. 223-233, 2005. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1516-73132005000200006>.

WILSEK, M. A. G.; TOSIN, J. A. P. **Ensinar e aprender Ciências no ensino fundamental com atividades investigativas através da resolução de problemas.** 2010. Disponível em: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/1686-8.pdf>.