



"Quem matou a senhora batata?": possibilitando a aprendizagem em genética por meio de uma sequência de ensino investigativa

"who killed madam potato?": making the learning in genetics possible through an investigative teaching sequence

"¿quién mató a madame potato?": haciendo posible el aprendizaje en genética a través de una secuencia de enseñanza investigativa

Weligton José Peruch Junior¹; Viviana Borges Corte²; Michell Pedruzzi Mendes Araújo³

RESUMO

A compreensão de conceitos de genética, dos genes e da molécula do DNA são de grande importância para a formação dos conhecimentos consolidados pelos estudantes sobre a estruturação da vida. Entretanto, a aprendizagem de genética é, por vezes, tida como desafiadora devido à terminologia específica e aos conceitos abstratos, resultando em dificuldades dos estudantes na aprendizagem desse conteúdo curricular. Nesse sentido, buscar novas estratégias de abordagem pode favorecer uma experiência mais dinâmica e motivadora, tendo em vista a promoção da autonomia dos estudantes. Para isso, apresentamos uma proposta de intervenção pedagógica, que se configura como uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI), alicerçada metodológica e teoricamente nos pressupostos de Carvalho (2013) e nas premissas da alfabetização científica (CHASSOT, 2003), que utiliza como gatilho motivador uma atividade investigativa criminal fictícia, traçando paralelos entre o contexto real e a educação científica. Como resultado, destaca-se que a presente SEI pode potencializar os processos de ensino e aprendizagem de genética, tornando as aulas mais contextualizadas e significativas em prol do engajamento e valorização do protagonismo dos discentes.

Palavras-chave: Ensino por investigação; Educação científica; Aprendizagem; Genética.

ABSTRACT

The understanding the concepts of genetics, genes and the DNA molecule are of great importance for the formation of knowledge consolidated by students about the structuring of life. However, learning genetics is sometimes seen as challenging due to specific terminology and abstract concepts, resulting in difficulties for students to learn this curricular content. In this sense, seeking new approach strategies can favor a more dynamic and motivating experience, with a view to promoting students' autonomy. For this, we present a proposal for a pedagogical intervention, which is configured as an Investigative Teaching Sequence (SEI), methodologically and theoretically based on the assumptions of Carvalho (2013) and on the assumptions of scientific literacy (CHASSOT, 2003), which he uses as a trigger motivating a fictional criminal investigative activity, drawing parallels between the real context and science education. As a result, it is highlighted that this

¹ Licenciado em Ciências Biológicas, especialista em Metodologia do Ensino de Ciências Biológicas e Mestrando em Ensino de Biologia em Rede Nacional (PROFBIO) na Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), São Mateus/ES - Brasil. E-mail: weligtonpactto@gmail.com

² Pós-doutorado em Educação, Doutora e Mestra em Ciência Florestal e Professora do Departamento de Ciências Biológicas e do Programa de Pós-graduação em Biologia Vegetal da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) e do PROFBIO, São Mateus/ES - Brasil. E-mail: viviana.borges@gmail.com

³ Doutor e Mestre em Educação e Professor da Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia/GO - Brasil. Pós-doutorado (em andamento) em Ensino de Biologia (PROFBIO) na Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). E-mail: michellpedruzzi@yahoo.com.br

SEI can enhance the teaching and learning processes of genetics, making the classes more contextualized and meaningful in favor of the engagement and valorization of the students' leading role.

Keywords: *Teaching by investigation; Science education; Learning; Genetics.*

RESUMEN

La comprensión de los conceptos de genética, genes y molécula de ADN son de gran importancia para la formación del conocimiento consolidado por los estudiantes sobre la estructuración de la vida. Sin embargo, el aprendizaje de la genética a veces se considera un desafío debido a la terminología específica y los conceptos abstractos, lo que genera dificultades para que los estudiantes aprendan este contenido curricular. En este sentido, la búsqueda de nuevas estrategias de abordaje puede favorecer una experiencia más dinámica y motivadora, con miras a promover la autonomía de los estudiantes. Para ello, presentamos una propuesta de intervención pedagógica, que se configura como una Secuencia de Enseñanza Investigativa (SEI), metodológica y teóricamente basada en los supuestos de Carvalho (2013), que utiliza una actividad investigativa criminal ficticia como disparador motivador, dibujando paralelos entre el contexto real y la educación científica. Como resultado, se destaca que esta SEI puede potenciar los procesos de enseñanza y aprendizaje de la genética, haciendo las clases más contextualizadas y significativas a favor del compromiso y la valorización del rol protagónico de los estudiantes.

Palabras clave: *Enseñanza por investigación; Enseñanza de las ciencias; Aprendiendo; Genética.*

1. INTRODUÇÃO

As necessidades da sociedade hodierna exigem que as escolas revisem a prática docente, o que inevitavelmente envolve a reorganização do conteúdo do trabalho, a adequação do ensino de conteúdos abstratos e a escolha de temas relevantes para os alunos, objetivando promover o aumento na qualidade de vida dos docentes e os impactando positivamente em sua vida comunitária (BORGES, 2007). Dessa forma, é importante analisarmos a importância e os desafios encontrados pelos professores de Biologia durante sua práxis pedagógica.

Por esse prisma, é necessário entendermos que o papel de professores e alunos no espaço escolar está em constante transformação, tendo-se em vista os contextos sócio-históricos dos sujeitos e as necessidades atuais da humanidade. Antes acreditava-se que o professor era o detentor de todo o conhecimento, enquanto os estudantes apenas recebiam o conhecimento de forma passiva (SCARPA; CAMPOS, 2018). Nesse caso, mesmo em uma situação em que tradicionalmente seja considerada uma boa aula, em geral, explicita-se o conteúdo da disciplina com suas definições ou sínteses, desconsiderando-se os elementos históricos e culturais. A ausência desses aspectos científicos, sociais e históricos promove fragmentação e a não contextualização do conteúdo, que se finda em si mesmo (ANASTASIOU, 2015).

Atualmente, o estudante é visto como peça central dos processos de ensino e aprendizagem, privilegiando-se a participação dele na construção do seu próprio conhecimento. Coadunando com o exposto, Anastasiou (2015) nos chama atenção acerca das implicações e significados de ensinar e aprender e destaca que se nossa meta se refere a apropriação do conhecimento pelo aluno, para além do simples repasse da informação- ensinar como tarefa do professor de apresentar ou explicar o conteúdo. Nesse sentido, é preciso haver mudança de paradigma:

superando o aprender, que tem se resumido em processo de memorização, na direção do apreender, segurar, apropriar, agarrar, prender, pegar, assimilar mentalmente, entender e compreender. Daí a necessidade atual de se revisar o 'assistir aulas', pois a ação de apreender não é passiva. O agarrar por parte do aluno exige ação constante e consciente: exige se informar, se exercitar, se instruir. O assistir ou dar aulas precisa ser substituído pela ação conjunta do fazer aulas. Nesse fazer aulas é que surgem as necessárias formas de atuação do professor com o aluno sobre o objeto de estudo, e a definição, escolha e efetivação de estratégias diferenciadas que facilitem esse novo fazer (ANASTASIOU, 2015, p. 3).

Nessa perspectiva de superação do método expositivo tradicional, é que se inserem as estratégias de *ensinagem* como prática social complexa efetivada entre os sujeitos, professor e aluno, englobando tanto ação de ensinar quanto a de apreender, em processo coletivo de parceria deliberada e consciente para uma construção conjunta dos conhecimentos escolares (ANASTASIOU, 2015). Diante desse cenário, o trabalho com novas metodologias e abordagens de ensino é imperativo na atualidade, haja vista que possui um caráter dinamizador e contempla as diversas formas de aprender dos estudantes (SILVA *et al.*, 2021).

Ante o exposto, é emergente pensarmos em diferentes estratégias para serem aplicadas durante as aulas de biologia, como forma de melhorar o interesse e envolvimento dos estudantes. Nesse ínterim, as sequências didáticas são uma boa alternativa no ensino de ciências e biologia devido à sua essência prática, e investigativa e contextualizada. (SILVA *et al.*, 2021).

Nesse artigo propusemos uma estratégia pedagógica que articula os aspectos científicos, sociais e históricos locais: a investigação de um crime. A elucidação de crimes, como furto, assassinato, estupro, entre outros, sempre aguça a curiosidade e a atenção das pessoas, especialmente quando se trata de um contexto social tão presente no cotidiano. Não à toa existem diversas séries de televisão, livros e filmes que retratam a resolução de casos criminais famosos, ou mesmo fictícios. A resolução de crimes pode ser uma aliada na abordagem investigativa, principalmente quando se trata dos ácidos nucleicos ou da genética. Diversos materiais biológicos são utilizados para resolver os crimes e chegar aos culpados: um fio de cabelo, uma gota de saliva, ou sangue, pele sob as unhas de uma vítima, podem ser utilizadas para ajudar na resolução de crimes.

Diante desse cenário, as aulas de biologia podem suscitar a curiosidade e o engajamento dos estudantes a respeito de assuntos relacionados à investigação e traçar paralelos importantes com a educação científica, tornando-a uma potente ferramenta de processos de ensino e aprendizagem, respeitando-se a capacidade de compreensão dos estudantes. Dessa forma, a educação científica precisa oportunizar que o estudante observe situações cotidianas, entendendo problemas e questões socioeconômicas e ambientais tomando decisões a partir de seus conhecimentos técnico-científico (TRIVELATO, TONIDANDEL, 2015). Ainda segundo as autoras, é necessário o entendimento das explicações e das teorias das várias disciplinas científicas, assim como o conhecimento sobre a produção de afirmações, testagem de suas hipóteses e utilização de evidências e justificativas, requerendo uma relação científica, tecnológica e social (TRIVELATO; TONIDANDEL, 2015).

De acordo com Grimes e Schroeder (2016), é necessário levar em conta que os estudantes podem apresentar ideias conflitantes sobre diversos aspectos, sejam eles culturais, existenciais ou afetivos. Essas visões distintas acerca dos diversos fenômenos naturais podem fornecer ao professor alicerces para problematizar suas aulas, pois o problema é de grande relevância para a abordagem científica e investigativa. Nesse sentido, Carvalho (2013) subsidia nossa afirmação quando destaca que o problema é de grande relevância para se iniciar a construção do conhecimento. Portanto, ainda de

acordo com Carvalho (2013), apresentar um problema que os estudantes sejam capazes de solucionar é uma mudança marcante na abordagem do professor, evoluindo do modelo tradicional para o investigativo, em que o aluno utiliza seu raciocínio para resolver um problema e envolve-se afetivamente com o conteúdo estudado.

Confluindo, Ferraz e Sasseron (2017) argumentam que, quando a investigação científica é levada para a sala de aula, além da aproximação dos estudantes com o "fazer ciência", ocorre a possibilidade de que esses mesmos estudantes construam o aprendizado sobre o conhecimento científico. Completando, entendemos que a abordagem investigativa potencializa a alfabetização científica dos discentes, que é (ou deveria ser) o principal objetivo do ensino de ciências da natureza.

Nesse sentido, os conhecimentos de genética têm grande importância, não só como conteúdo escolar, mas também para as práticas sociais cotidianas das pessoas. Por isso, o assunto está contemplado no Currículo Básico do Ensino Médio da Rede Estadual do Espírito Santo nas primeira e segunda séries do ensino médio, dentro dos eixos bioquímica celular e genética (ESPÍRITO SANTO, 2009).

A utilização de uma investigação criminal pode ser preparada para todas as séries do ensino médio, contudo nossa abordagem segue o currículo básico do Estado do Espírito Santo. Nesse documento o assunto "ácidos nucleicos" é abordado em duas séries: na primeira série, tratando dos aspectos bioquímicos e de funcionais dos ácidos nucleicos e da segunda série que apresenta os ácidos nucleicos envolvidos nos aspectos genéticos da biologia.

Portanto, a proposição da SEI tem como objetivo central permitir que investigações sejam realizadas em aulas sequenciadas e planejadas em que o professor intencionalmente garanta que todas as etapas sejam igualmente investigativas, ou seja, tenham por trás um problema claro que precise ser resolvido, neste caso "um assassinado" e seu mistério a ser desvendado. Em breves palavras, uma sequência de ensino investigativa é o encadeamento de atividades e aulas em que um tema é colocado em investigação e as relações entre esse tema, conceitos, práticas e relações com outras esferas sociais e de conhecimento possam ser trabalhados (SASSERON, 2015).

Nesse sentido, o presente artigo tem como objetivo central a proposição de uma SEI que permita aos estudantes construir, de forma autônoma, conhecimentos sobre o processo de extração de DNA, bem como a análise e interpretação dos resultados obtidos.

2. PERCURSO METODOLÓGICO

A presente pesquisa apresenta-se, quanto à abordagem, como qualitativa, na qual almeja-se grande envolvimento do pesquisador com o problema a ser investigado, além de proporcionar a construção de hipóteses. Conforme Gil (1995), sua abordagem permite "o aprimoramento de ideias ou a descoberta de intuições" (p. 45).

Quanto ao tipo, configura-se como uma proposta de pesquisa de intervenção pedagógica (PIP). Esse tipo de pesquisa é considerada como aplicada em que, por meio do planejamento e execução de interferências, ambiciona-se por avanços e melhorias nos processos de ensino e aprendizagem dos sujeitos participantes. Esse tipo de opção metodológica amplia-se para a posterior avaliação e análise dos efeitos das interferências realizadas, como um processo indissociável à socialização dos conceitos científicos para a esfera extra-acadêmica (DAMIANI *et al.*, 2013).

Acerca da intervenção, basear-nos-emos nas etapas descritas por Carvalho (2013), considerando sua relevância didático-teórica para pesquisas que privilegiem o caráter investigativo, quais sejam: problematização, sistematização e contextualização do conhecimento. Quanto a esse aspecto, Damiani *et al.* (2013) salientam que a resolução de problemas com vistas à aplicação do conhecimento é um dos propósitos da pesquisa de intervenção pedagógica, assim como teorizado e defendido por Carvalho (2013) nas etapas que organizam a sequência de ensino. Nesse sentido, as etapas da SEI sustentam a pesquisa de intervenção pedagógica por meio do planejamento das estratégias implementadas, sendo ambas (SEI e PIP) mutuamente dependentes, inclusivas e cooperativas.

No que tange às etapas da presente SEI, organizamo-la em cinco aulas, a saber: 1- Aula expositiva e dialogada, com base nos conhecimentos prévios dos discentes a respeito da investigação criminal, ácidos nucleicos, sequenciamento do DNA e conceitos gerais de genética (atividade diagnóstica/problematização); 2- Montagem da cena do crime e levantamento de hipóteses a respeito dos suspeitos (problematização); 3- Aula prática de extração de DNA- experimentação com teste de DNA dos suspeitos (Investigação); 4- Aula dialogada acerca das análises dos resultados da extração do DNA (Sistematização do conhecimento); 5- Apresentações em grupo com as conclusões do processo investigativo e contextualização do conteúdo pelo docente (sistematização e contextualização do conhecimento). No quadro 1 da próxima seção estão melhor descritas as aulas, atividades, habilidades envolvidas e etapas do ensino por investigação trabalhadas nesta sequência de ensino investigativa.

Concernentemente aos materiais, para a confecção da cena do crime serão utilizadas três batatas inglesas, de tamanhos diferentes, uma banana prata, um morango grande, uma cebola, além de objetos para compor a cena fictícia, esses objetos podem ser miniaturas de móveis, como os encontrados em casas de bonecas, para que possa trazer uma proximidade maior com a realidade.

Quanto à apresentação dos crimes, será utilizado um projetor, para projeção de imagens e slides referentes aos casos criminais famosos levantados pelos autores para estimular os estudantes, a apresentação será feita por meio do *Microsoft Powerpoint*, ou outro programa similar.

No processo de extração serão utilizados uma cebola grande, uma banana e morangos, uma faca de cozinha para cortar os vegetais, colheres de sopa e chá para medidas, dois copos ou béqueres, água filtrada, sal de cozinha, detergente, álcool gelado (deixar resfriar na geladeira ou freezer antes da ação), bastão de vidro ou madeira para mexer a mistura, filtro de café de papel, gelo moído e um local apropriado para executar banho-maria.

3. SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA “QUEM MATOU A SRA. BATATA”?

A presente Sequência de Ensino Investigativa se apresenta conforme aulas, etapas e atividades descritas na tabela abaixo. Cabe destacar que, metodológica e teoricamente, alicerçamo-nos em Carvalho (2013).

Quadro 1: Proposta de Sequência de Ensino Investigativa “Quem matou a Sra. Batata?” sistematizada em suas etapas.

Aula	Atividade	Habilidades desenvolvidas	Etapa do Ensino por Investigação
1 Aguçando a curiosidade	Aula dialogada com base nos conhecimentos prévios dos estudantes	Exposição oral de ideias; Argumentação;	Contextualização; Problematização
2 O assassinato da Sra. Batata	Cena de crime	Pensamento crítico; Expressão escrita de ideias; Observação; Trabalho em grupo	Elaboração de hipóteses; Levantamento e coleta de dados
3 Teste de DNA dos suspeitos	Atividade prática de experimentação	Trabalho em grupo; Manipulação de materiais; Interpretação do roteiro de atividade	Investigação Levantamento e coleta de dados
4 O resultado do extração de DNA	Atividade de análise e interpretação	Análise de dados; Interpretação; Pensamento científico; Expressão escrita de ideias; Trabalho em grupo	Investigação; Resolução de problemas; Levantamento e análise de dados
5 Quem matou a “Sra Batata”?	Apresentação em grupo das análises, argumentos e conclusões	Comunicação e debate de resultados; Trabalho em grupo; Argumentação; Checagem e validação de hipóteses; Construção de afirmações baseadas em evidências.	Sistematização dos conhecimentos; Retomada das hipóteses iniciais; Contextualização do conhecimento Conclusão

Fonte: Os autores, 2021.

Além do embasamento teórico em Carvalho (2013) necessário ao delineamento das etapas da SEI, recorreremos aos pressupostos da Alfabetização Científica, compreendendo-a como um caminho que torna possível a transmutação da ciência. Por meio dela, prioriza-se a contextualização dos conteúdos e o compromisso com a formação de cidadãos críticos e preparados para participar de debates acerca dos avanços e implicações da ciência (OLDONI, LIMA, 2017).

Nesse sentido, compreendemos a Alfabetização Científica como um processo que proporciona a compreensão dos significados das ciências naturais, constituindo-se como um meio para o estudante ampliar seus conhecimentos, sua cultura, como cidadão inserido na sociedade (LORENZETTI; DELIZOICOV, 2001). De forma análoga, entendemos que ela “[...] pode ser considerada como uma das dimensões para potencializar alternativas que privilegiam uma educação mais comprometida” (CHASSOT, 2003, p. 91).

AULA 1: ESTIMULANDO A CURIOSIDADE DOS DISCENTES

Nessa aula, o professor iniciará uma roda de conversa questionando os estudantes se eles já tiveram contato com material ficcional sobre investigação, podendo ser livros, séries de televisão, filmes ou mesmo jogos para computador, celular, tabuleiro, entre outros. Após essa conversa, apresentará uma série de casos de crimes reais, sem apresentar a resolução desses casos, apenas apontando o acontecimento e os envolvidos, essa apresentação ocorrerá por meio da exibição em projetor das manchetes de crimes famosos ocorridos no Brasil.

Ao final dessa apresentação, o professor questionará aos alunos se eles já ouviram, ou leram a respeito dos casos apresentados e como eles foram solucionados (protocolos de investigação: observação, coleta de dados/evidências, análise e interpretação dos dados e conclusão). Antes de encerrar essa aula o professor solicitará aos alunos que eles se dividam em grupos (a quantidade de estudantes por grupo fica a critério do professor, de acordo com quantidade de alunos por turma). Essa primeira aula servirá para aguçar a curiosidade dos estudantes, a fim de despertar nos mesmos, o interesse sobre investigação e resolução de crimes.

Importa destacar que nesta aula e em todo o desenvolvimento dessa SEI estamos alicerçados teoricamente nos pressupostos da alfabetização científica, entendendo que ela significa possibilidades de que as pessoas disponham de conhecimentos científicos e tecnológicos necessários para se desenvolverem na vida diária, ajudar a resolver os problemas e as necessidades de saúde e sobrevivência básica e tomar consciência das complexas relações entre ciência e sociedade (FURIÓ *et al.*, 2001).

AULA 2: O ASSASSINATO DA SENHORA BATATA

Com os grupos já definidos na aula anterior, o professor organizará uma cena de assassinato. Nesta ação investigativa organizaremos um assassinato ficcional, em que a vítima será a "Senhora Batata", uma batata inglesa. Pela cena do crime, o professor deverá organizar evidências do crime para que ocorra por parte dos alunos a investigação da cena e, conseqüentemente, o levantamento de provas para resolução do caso. Uma história simplificada dos fatos aponta como possíveis suspeitos o "Senhor Cebola", a "Senhora Morango" e o "Senhor Banana". Este relato encontra-se no Apêndice I desse trabalho.

De posse das informações prévias dos fatos, os estudantes deverão formular hipóteses para desvendar o crime e registrar no caderno.

Após a organização da sala pelo professor, grupo a grupo terão um período para a investigação: observar, procurar provas, evidências do que possa ter acontecido a "Senhora Batata". Os estudantes redigirão um relatório com suas observações da cena do crime e coletarão material que possa ser analisado na fase seguinte.

AULA 3: TESTE DE DNA DOS SUSPEITOS

Nessa aula, de posse do material coletado na cena do crime, os estudantes realizarão a prática de extração de DNA dos suspeitos. Serão fornecidos roteiros e materiais (Apêndice II) para que os estudantes executem corretamente o processo de extração. Durante a atividade prática de extração de DNA, o professor deverá problematizar cada etapa do método, para que os estudantes entendam a participação de cada componente químico na reação. Dessa forma, caso o experimento de algum

grupo não chegue ao resultado esperado, os estudantes poderão refletir sobre quais variáveis do processo podem ter sido alteradas ou comprometidas (amostragem, pesagem dos reagentes, temperatura, ou tempo de reação).

Ao final da aula com o DNA coletado, os estudantes enviarão suas amostras para análise.

AULA 4: O RESULTADO DA EXTRAÇÃO DE DNA - CIÊNCIA SE FAZ COM EVIDÊNCIAS!

Os estudantes receberão um envelope com a análise do laboratório do material que coletaram na aula anterior. De posse desses resultados, os estudantes deverão apontar quem é o provável responsável pelo assassinato da "Senhora Batata". Nessa aula, serão utilizadas imagens de comparação de DNA (Apêndice III) e os estudantes deverão compará-las e identificarem quem é o provável responsável pelo assassinato. O professor deverá deixar que os alunos utilizem sua interpretação do resultado, sem influenciar ou explicar o processo de análise. Nesse processo, é fundamental que os estudantes utilizem seus conhecimentos prévios e/ou raciocínio lógico para chegarem a uma conclusão, também é importante que os grupos não conversem entre si, para que as interpretações sejam as mais puras possíveis.

AULA 5: QUEM MATOU A "SENHORA BATATA"?

Nessa aula, os estudantes deverão apresentar as suas conclusões sobre o crime, apresentar seu relatório de investigação contendo a análise do resultado da extração de DNA e os argumentos que sustentem suas conclusões (Roteiro de Análise- Apêndice III). Cada grupo deverá fazer a sua apresentação e ao final das apresentações o professor conduzirá um debate sobre as percepções de cada grupo, comparando os resultados que cada um obteve e ouvindo as opiniões de cada grupo. Ao final desse debate, o professor apresentará o verdadeiro responsável pelo assassinato da "Senhora Batata", com base nas informações da extração do DNA.

4. POTENCIALIDADES DA SEI PARA PROMOÇÃO DA AUTONOMIA DOS ESTUDANTES MOTIVADOS PELA ABORDAGEM INVESTIGATIVA

Com foco na alfabetização científica dos estudantes, o assunto tratado nessa SEI foi orientado pelo Currículo Básico do Ensino Médio, da Secretaria estadual da educação do Espírito Santo (SEDU-ES), e consiste principalmente nos conteúdos de bioquímica celular, com enfoque nos ácidos nucleicos, bem como na genética, esses assuntos são abordados na primeira e segunda séries, respectivamente, nas escolas estaduais do Espírito Santo, obedecendo ao currículo básico do ensino médio.

Ante o exposto, é importante destacar que a Alfabetização Científica tem se configurado no objetivo principal do ensino das ciências na perspectiva de se estabelecer o contato entre o estudante e os saberes provenientes da ciência, bem como as questões que afetam a construção de conhecimento científico como artefato humano e por isso histórico e cultural (SASSERON, 2015). De acordo com Scarpa e Campos (2018), quando oportunizada a chance de se desenvolverem os eixos da Alfabetização Científica, os estudantes são capazes de achar mais estímulos para os tópicos conectados a ciência e criando argumentos elencados nas evidências que corroborem as decisões tomadas nos assuntos de seu cotidiano.

Nesse ínterim, uma vez inseridos no contexto de uma investigação criminal, os estudantes passam a ter o protagonismo na ação, a aprendizagem passa, portanto, a depender de suas interações com o

conteúdo trabalhado e, dessa forma, os estudantes podem desempenhar na prática os eixos da Alfabetização Científica, uma vez que durante o processo da investigação eles aprendem ciências, analisando as possibilidades que a SEI apresenta, aprendem a fazer ciências durante o processo de coleta de evidências na cena do crime, durante o processo prático de extração do DNA dos vegetais e da análise dos resultados de DNA apresentados pela investigação, além de aprender os processos, em parte, que passam uma investigação criminal, fechando o ciclo com o aprender sobre ciências.

Salienta-se que as etapas anteriormente descritas da SEI permitem aos estudantes momentos reflexivos, dialógicos e coletivos para elaborarem hipóteses, argumentarem, investigarem e realizarem a experimentação calcada nos pressupostos da Alfabetização Científica. A partir da participação ativa na SEI, os estudantes poderão elaborar e discutir suas hipóteses confrontando-as com as evidências observadas durante a etapa de investigação, para então serem capazes de concluir por meio da construção autônoma dos conhecimentos.

Nesse sentido, salienta-se que Alfabetização Científica, tão almejada no desenvolvimento da presente SEI, é um processo que não apresenta (ou não deveria apresentar) um final, um desfecho. Mesmo quando a relacionamos com o tempo, ela precisa manter-se em construção, agregando conhecimentos por meio da investigação de novos acontecimentos a fim de impactar a compreensão e a apropriação de decisões e posturas evidenciando as ligações entre as ciências (SASSERON, 2015). Pensando no campo das possibilidades tanto a Alfabetização Científica, quanto a SEI podem trazer aos estudantes a percepção de como o trabalho colaborativo pode ser importante na disseminação do conhecimento, uma vez que, em grupos, eles podem discutir suas percepções, observações e hipóteses para juntos chegarem à resolução de um problema comum a todos. De forma mais específica, por apresentar-se em seus ciclos, a possibilidade teórica e prática de observarem a importância dos exames de DNA para a elucidação de questões biológicas, a SEI pode auxiliar no processo de compreensão da importância das análises do material genético, não só no campo da investigação criminal, como foi proposta durante a SEI, mas no cotidiano, possibilitando que o conceito de biotecnologia adquira forma no conhecimento dos estudantes.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O protagonismo dos estudantes em todas as etapas do desenvolvimento de Sequências de Ensino Investigativas é muito importante para o fortalecimento do ensino de biologia, tendo em vista o desenvolvimento do pensamento científico e crítico. Somado a esse fortalecimento, também é importante ressaltar a curiosidade que essa ferramenta metodológica potencializa aos estudantes, pois, no ensino por meio da investigação, as respostas não estão prontas e é nesse momento que a atividade passa a aguçar a curiosidade e atenção deles.

Nesse caminho, os discentes devem investigar um problema que lhes é apresentado, a fim de apresentarem, por meio da problematização, experimentação, análise de dados e argumentação, uma conclusão para a questão-problema. Assim como diz Sasseron (2017), o ensino baseado na investigação extrapola o âmbito de métodos de ensino adequados apenas a conteúdos e temas específicos, podendo ser praticados nas mais diversas aulas, nas mais distintas formas e em diversos conteúdos.

A investigação criminal, de forma geral, desperta a curiosidade e o fascínio das pessoas. Utilizar um evento, mesmo que fictício, que simule uma investigação criminal, torna a atividade muito atraente.

Dessa forma, vale ressaltar que o assunto abordado na SEI proposta pode ser extrapolado além da sala de aula, conectando o debate em torno do avanço tecnológico e conhecimento para sequenciamento genético, testes de paternidade e a resolução de crimes por meio de exames de DNA. Nesse contexto, os discentes podem encontrar artigos e referências que irão expandir seu conhecimento e curiosidade sobre o assunto, assim como acompanhar os diversos avanços relacionados à engenharia genética e biotecnologia atualmente.

Em suma, entende-se que o desenvolvimento da presente Sequência de Ensino Investigativa, que alia genética à investigação criminal, potencializa a aproximação dos estudantes a aspectos importantes da natureza da ciência, fortalecendo o entendimento e a internalização dos conceitos por intermédio da vivência com as etapas do método científico. Ademais, o ensino de ciências por investigação possibilita a promoção da alfabetização científica, calcada em uma aprendizagem significativa, conforme concepções de Ausubel (AUSUBEL, 1963; MASINI, MOREIRA, 2017) e na perspectiva do paradigma da *ensinagem*, termo proposto por Anastasiou e Alves (2004), para se referirem a uma prática social, crítica e complexa em educação entre professor e estudante, “englobando tanto a ação de ensinar quanto a de apreender” (ANASTASIOU; ALVES, 2015, p. 15)

Com isso, pode-se destacar a SEI como uma proposta de *ensinagem* para além dos conceitos sobre genética, mas um processo interativo, dialógico e participativo, como campo propício às metodologias ativas (SILVEIRA; RIBEIRO, 2005). Configura-se como uma estratégia capaz de proporcionar aos estudantes a vivência do método científico e, por meio dele, permitir a compreensão de que a ciência se faz com evidências e não com opiniões.

Portanto, a SEI “QUEM MATOU A SENHORA BATATA?: possibilitando a aprendizagem em genética por meio de uma Sequência de Ensino Investigativa”, constitui-se uma proposta de *ensinagem* que abandona a mera ideia de “dar aulas” e avança para a perspectiva de “fazer aulas” (ANASTASIOU; ALVES, 2004, p. 15). A partir da mediação e das relações dialógicas e alteritárias estabelecidas entre discente e docente, o processo investigativo se tornou uma abordagem eficaz para a aproximação de conteúdos científicos, agora trazidos para dentro de um contexto da realidade social vivida pelos estudantes- a criminalidade e o feminicídio-. Esse conjunto permite a produção de conhecimento engajado e híbrido, entre a ciência e o cotidiano dos sujeitos envolvidos.

Por fim, destaca-se que, com o desenvolvimento dessa SEI, à luz dos pressupostos da abordagem de ensino por investigação, pode-se culminar na tão almejada alfabetização científica dos discentes e, portanto, na formação de cidadãos críticos e reflexivos diante das questões complexas que emergem na contemporaneidade, como o feminicídio, a investigação criminal, métodos e técnicas que envolvem a manipulação do DNA (biotecnologia), dentre outras. Portanto, advoga-se que investigação e argumentação constituem abordagens fundamentais para um ensino de biologia que seja significativo para o aluno e promotor da sua autonomia em seu contexto sociocultural.

6. REFERÊNCIAS

ANASTASIOU, Léa das Graças Camargos; ALVES, Leonir Pessate (Org.). **Processos de ensinagem na universidade: pressupostos para as estratégias de trabalho em aula**. 5. ed. Joinville, SC: UNIVILLE, 2015.

AUSUBEL, David Paul. **The psychology of meaningful verbal learning**. Grune & Stratton, 1963.

BORGES, Regina Maria Rabello; LIMA, Valderez Marina do Rosário. Tendências contemporâneas do ensino de Biologia no Brasil. **Revista electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 6, n. 1, p. 165-175, 2007.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de et al. O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, v. 1, p. 1-19, 2013.

CHASSOT, A. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. **Revista Brasileira de Educação**, n. 22, p. 89-100, 2003.

DAMIANI, Magda Floriana et al. Discutindo pesquisas do tipo intervenção pedagógica. **Cadernos de educação**, n. 45, p. 57-67, 2013.

ESPÍRITO SANTO. Secretaria da Educação. **Currículo Básico Escola Estadual. Ensino médio: área de Ciências da Natureza /** – Vitória: SEDU. v. 2. 2009 Disponível em: <https://sedu.es.gov.br/Media/sedu/pdf%20e%20Arquivos/Ensino%20M%C3%A9dio%20-%20Volume%2002%20-20Ci%C3%A7ncias%20da%20Natureza.pdf> Acesso em: 07 mai. 2021.

FERRAZ, Arthur Tadeu; SASSERON, Lúcia Helena. Propósitos epistêmicos para a promoção da argumentação em aulas investigativas. **Investigações em ensino de ciências**, v. 22, n. 1, 2017.

FURIÓ, Carlos; VILVHES, Amparo; GUIASOLA, Jenaro; ROMO, Vicente. Finalidades de la enseñanza de las ciencias en la secundaria obligatoria. ¿Alfabetización científica o propedéutica? **Enseñanza de las ciencias**, v. 19, n. 3, p. 365-376, 2001.

GRIMES, Camila; SCHROEDER, Edson. Os conceitos científicos dos estudantes do Ensino Médio no estudo do tema "origem da vida". **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 21, n. 4, p. 959-976, 2015.

LORENZETTI, Leonir; DELIZOICOV, Demétrio. AC no contexto das séries iniciais. Ensaio - **Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 3, n. 1, p. 1-17, 2001.

MASINI, Elcie F. Salzano; MOREIRA, Marco Antonio. **Aprendizagem significativa na escola**. Curitiba, PR: CRV, 2017.

OLDONI, Josiani Fátima Weimer Baierle ; LIMA, Barbara Grace Tobaldini de. A compreensão dos professores sobre a alfabetização científica: perspectivas e realidade do ensino de ciências. **ACTIO: Docência em Ciências**, v. 2, n. 41, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/320320244_A_compreensao_dos_profesores_sobre_a_alfabetizacao_cientifica_perspectivas_e_realidade_do_ensino_de_ciencias. Acesso em: 15 maio 2020.

SASSERON, Lúcia Helena. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 17, p. 49-67, 2015.

SCARPA, Daniela Lopes; CAMPOS, Natália Ferreira. Potencialidades do ensino de Biologia por Investigação. **Estudos avançados**, v. 32, p. 25-41, 2018.

SILVA, Laiza Cristina Ricatto da; COSTA, Adriano Goldner.; ARAÚJO, Michell Pedruzzi Mendes; FERNANDES, Valéria de Oliveira. Ensino de microalgas por meio de modelos didáticos: tornando o mundo microscópico visível e significativo. **Revista Educar Mais**, v. 5, n. 2, p. 179-197, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ifsul.edu.br/index.php/educarmais/article/view/1917>. Acesso em: 25 ago. 2021.

SILVEIRA, Lia Márcia Cruz; RIBEIRO, Victoria Maria Brandt. Grupo de adesão ao tratamento: espaço de "ensinagem" para profissionais de saúde e pacientes. **Interface - Comunicação, Saúde, Educação, Botucatu**, SP, v. 9, n. 16, p. 91-104, 2005.

TRIVELATO, Sílvia L. Frateschi; TONIDANDEL, Sandra M. Rudella. Ensino por investigação: eixos organizadores para sequências de ensino de biologia. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 17, n. SPE, p. 97-114, 2015.

Submissão:01/09/2021

Aceito: 26/10/2021

APÊNDICE I

Relato: Quem matou a senhora Batata?

Era uma tarde ensolarada de verão, quando a Senhora Batata pediu para que seu filho, um adolescente chamado Potato, fosse ao mercado comprar alguns itens que estavam faltando em sua cozinha. Vendo a movimentação, a filha mais nova da Senhora Batata começou uma pirraça para que o irmão a levasse junto ao mercado. Para evitar maior desgaste e estresse, Potato resolveu levar Baroa junto com ele ao mercado.

A Senhora Batata acompanhou os filhos até o portão do quintal, passando pela calçada estava a vizinha da Senhora Batata, dona Morango. Dona Morango era uma pessoa difícil de lidar, vivia acusando a senhora Batata e seus filhos de roubarem seus limões e, vez ou outra, tinha discussões terríveis com a senhora Batata, que só eram apartadas pelo senhor Cebola, esposo de dona Morango. O senhor Cebola é uma pessoa séria, ninguém na vizinhança nunca o viu dar uma gargalhada e sempre que passava pelos vizinhos moradores da vizinhança dava um sorriso sisudo, o senhor Cebola acompanhava a distância a esposa passar pela frente da casa da senhora Batata.

Na casa ao lado vive o senhor Banana, um cara inconveniente e muito petulante que vive dando investidas na senhora Batata, que nega a todas elas. Por diversas vezes a senhora Batata já teve que "perder a boa" com ele. No entanto, apesar de toda a negação da senhora Batata, o senhor Banana vive dizendo aos setes ventos que um dia a senhora Batata não lhe escapa.

Parecia mais uma manhã normal no bairro Hortifruti, cada pessoa com seus afazeres e vivendo sua vida. Mas aquele não era um dia comum, Potato e Baroa, mal podiam esperar que ao saírem para ir ao mercado veriam sua mãe com vida pela última vez. Os dois foram ao mercado, compraram os itens que sua mãe os havia pedido e retornaram para casa. Ao se aproximarem da casa, Potato percebeu algo estranho. A porta da frente estava aberta, coisa que sua mãe não costumava fazer. Ao ver isso, Potato apertou o passo e chegou ao quintal da casa. Quando estava na porta, Potato e Baroa ouviram um grito, barulho de pratos caindo e então correram para dentro de casa, ao chegarem na cozinha encontraram o senhor Banana junto ao corpo da senhora Batata, dona Morango encostada numa parede com um arranhão no braço e o senhor Cebola na porta dos fundos com os cabelos bagunçados. Ao perceberem a cena, Potato chama pela mãe e Baroa dá um grito. O senhor Banana corre pela porta dos fundos e dona Morango sai pela porta da frente, o único que permanece é o senhor Cebola, que abraça Baroa e tenta confortar Potato.

Potato e o senhor Cebola chamam a polícia. Ao chegar a polícia inicia o trabalho de perícia. Agora é com vocês, estudantes! Observem a cena em busca de evidências que possam ajudar a solucionar o crime.

APÊNDICE II

ROTEIRO PARA EXTRAÇÃO DE DNA

Sequência de Ensino Investigativa – “Quem matou a senhora Batata?”

DNA (ácido desoxirribonucleico) é um dos ácidos nucleicos que constituem o material genético da maioria dos seres vivos. O DNA é formado por nucleotídeos, e cada nucleotídeo é formado por uma molécula de desoxirribose, uma molécula de fosfato e uma base nitrogenada que pode ser púrica ou pirimídica.

As bases púricas encontradas no DNA são adenina e guanina; e as bases pirimídicas são citosina e timina, sendo que a adenina liga-se à timina e a guanina liga-se à citosina através de pontes de hidrogênio.

A partir da extração do DNA, será possível verificar o aspecto do DNA, observar que o DNA pode ser encontrado em diversos tipos de células e debater e aprofundar questões científicas relacionadas à genética.

Em nossa atividade prática utilizaremos a cebola, pois ela possui pequenas quantidades de pectina (que podem ser facilmente confundidas com o DNA) e por apresentar células grandes que se rompem quando a cebola é picada. Para a nossa experiência serão necessários os seguintes materiais:

- Uma cebola grande;
- Faca de cozinha;
- Uma colher de sopa;
- Uma colher de chá;
- Dois copos;
- Água filtrada;
- Sal de cozinha;
- Detergente;
- Álcool gelado;
- Bastão fino de vidro ou madeira bastão;
- Filtro de café;
- Gelo moído;
- Local para se fazer banho-maria.
- Fazendo a experiência
- Com a faca de cozinha, pique a cebola em pedaços e coloque quatro colheres de sopa de detergente e uma colher de chá de sal em meio copo de água. Mexa bem até a solução se dissolver completamente;
- Coloque a cebola picada no copo com a solução de detergente e sal e leve ao banho-maria por 15 minutos;

- Retire a mistura do banho-maria e coloque o copo no gelo por cinco minutos, de forma que a solução esfrie;
- Depois de resfriada, coe a mistura no filtro de papel e recolha o filtrado em um copo limpo;
- A esse filtrado, adicione meio copo de álcool gelado. Deixe o álcool escorrer vagarosamente pela borda, de forma que se obtenham duas fases: a superior, alcoólica; e a inferior, aquosa;
- Com o bastão, faça movimentos circulares misturando as fases;
- À medida que se mistura a solução, vão se formando fios esbranquiçados. Esses fios são aglomerados de moléculas de DNA.
- Se o professor dispuser de microscópio, todos poderão observar os filamentos de DNA na objetiva de 40 vezes.

O professor pode questionar os alunos sobre a função do sal de cozinha, do detergente e do álcool gelado utilizados na extração do DNA.

Nesse caso, o detergente, por possuir um componente chamado de lauril sulfato de sódio, desnatura as membranas lipídicas e as proteínas, desintegrando os núcleos e os cromossomos das células da cebola, separando o DNA cromossômico.

O sal misturado à água foi utilizado para neutralizar o DNA, que precipitará com o álcool gelado. O álcool gelado em solução salina proporciona uma solução heterogênea e faz com que as moléculas de DNA se aglutinem, formando a massa filamentosa e esbranquiçada.

APÊNDICE III

Sequência Genética para análise dos estudantes (Após extração do DNA)

Análise de DNA da Vítima e dos Suspeitos				
Pares	Sr^a. Batata	Sr.Morango	Sr^a. Banana	Sr^a. Cebola
23				
22				
21				
20				
19				
18				
17				
16				
15				
14				
13				
12				
11				
10				
09				
08				
07				
06				
05				
04				
03				
02				
01				

DNA das amostras encontradas na cena do crime					
Pares	I	II	III	IV	V
23					
22					
21					
20					
19					
18					
17					
16					
15					
14					
13					
12					
11					
10					
09					
08					
07					
06					
05					
04					

03					
02					
01					

LEGENDA:

- Amostra I: Faca encontrada ao lado da vítima.
- Amostra II: Nas roupas da senhora Batata (Manga da blusa, bermuda).
- Amostra III: Bancada da cozinha, próxima da pia.
- Amostra IV: No chão próximo ao corpo da vítima.
- Amostra V: No batente da porta da cozinha.

ROTEIRO DA ANÁLISE:

- 1- Após analisar os resultados do teste de DNA das amostras, que suspeito o grupo acredita ser o culpado?
- 2- Indiquem cinco razões (motivos ou evidências) para a conclusão do grupo. Justifique-as.