



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DE VITÓRIA**

CLEICY RAQUEL DA SILVA NASCIMENTO

**EPIGENÉTICA NA EDUCAÇÃO: PROPOSTA DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA
PARA EXPLICAR COMO O AMBIENTE INFLUENCIA A EXPRESSÃO GÊNICA**

VITÓRIA DE SANTO ANTÃO

2025

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DE VITÓRIA
LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

CLEICY RAQUEL DA SILVA NASCIMENTO

**EPIGENÉTICA NA EDUCAÇÃO: PROPOSTA DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA
PARA EXPLICAR COMO O AMBIENTE INFLUENCIA A EXPRESSÃO GÊNICA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Licenciatura de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Pernambuco - Centro Acadêmico de Vitória, como requisito para obtenção do título de licenciada em Ciências Biológicas.

Orientadora: Profa. Dra. Cláudia Rohde

Coorientadora: Me. Maria das Dores da Silva

VITÓRIA DE SANTO ANTÃO

2025

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Nascimento, Cleicy Raquel da Silva.

Epigenética na educação: proposta de uma sequência didática para explicar como o ambiente influencia a expressão gênica / Cleicy Raquel da Silva Nascimento. - Vitória de Santo Antão, 2025.

42 p.

Orientador(a): Cláudia Rohde

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico de Vitória, Ciências Biológicas - Licenciatura, 2025.

Inclui referências.

1. epigenética. 2. ensino de biologia. 3. metodologia ativa. 4. livro pop-up.
I. Rohde, Cláudia. (Orientação). II. Título.

500 CDD (22.ed.)

CLEICY RAQUEL DA SILVA NASCIMENTO

**EPIGENÉTICA NA EDUCAÇÃO: PROPOSTA DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA
PARA EXPLICAR COMO O AMBIENTE INFLUENCIA A EXPRESSÃO GÊNICA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Licenciatura de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Pernambuco - Centro Acadêmico de Vitória, como requisito para obtenção do título de licenciada em Ciências Biológicas.

Aprovado em: 17/03/2025

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Claudia Rohde (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Me. Maria Gislaine Pereira (Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Me. Amanda Alves de Araújo (Examinadora Externa)
Universidade de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer a **Deus**, minha fonte inesgotável de força, sabedoria e amor, que me sustentou em cada passo desta caminhada. Em meio aos desafios, Ele foi meu refúgio; nas incertezas, minha luz; e nos momentos de cansaço, minha renovação. "Seja forte e corajoso." (Josué 1:9) – essa promessa me guiou, lembrando-me de que nunca estou sozinha e de que cada dificuldade enfrentada foi uma oportunidade para crescer. A Ele, toda a honra e gratidão, pois sem Sua graça e misericórdia, este trabalho não teria sido possível.

Aos meus pais, **Marli Nascimento e Amaro Nascimento**, que sempre estiveram ao meu lado, me ensinando com amor, paciência e dedicação. Vocês foram meu porto seguro em todos os momentos, acreditando em mim mesmo quando eu duvidava das minhas próprias capacidades. Cada palavra de incentivo, cada gesto de carinho e cada sacrifício feito para que eu chegue até aqui são provas do imenso amor e compromisso que vocês têm comigo. Obrigado por ser minha base, meu exemplo e minha maior motivação.

Aos meus maiores incentivadores, **Sérgio Cândido, Seu João Carlos Paes Mendonça e Dona Maria Auxiliadora**, que não só acreditaram no meu potencial, mas também me ofereceram o suporte necessário para que eu pudesse seguir firme nesta jornada acadêmica. Foi graças a vocês que tive acesso a todas as ferramentas tecnológicas que me auxiliaram nos estudos, permitindo que eu aprofundasse meu conhecimento e desenvolvesse este trabalho com mais qualidade. O apoio de vocês foi muito além das palavras, foi concreto, real e essencial para minha formação. Meu eterno agradecimento pela generosidade, pelo incentivo, pelos conselhos, pela confiança depositada em mim e por toda a torcida.

À minha orientadora, professora e Dra. **Claudia Rohde**, e à minha coorientadora, Mestre **Maria das Dores da Silva**, expressei minha profunda gratidão pela dedicação, paciência e valiosas contribuições ao longo desta trajetória. Seus comprometimentos com o ensino e a pesquisa foram essenciais para a construção deste trabalho, proporcionando não apenas orientações técnicas, mas também incentivo e inspiração. Cada conselho e correção foram fundamentais para o amadurecimento das ideias aqui desenvolvidas, e levo comigo todo o aprendizado que compartilharam comigo.

Aos meus **amigos e colegas de curso**, que completaram esta jornada acadêmica mais leve e enriquecedora. Cada conversa, troca de conhecimento e momentos de apoio mútuo fizeram toda a diferença. A universidade não foi apenas um espaço de aprendizado, mas também de construção de laços que levarei para a vida inteira.

Aos **professores da UFPE/CAV** que, com seu comprometimento fizeram parte da minha formação acadêmica e pessoal. Cada aula e orientação foram essenciais para que eu pudesse evoluir e enxergar a ciência e a educação com um olhar mais crítico e inovador.

Por fim, a todos que, direta ou indiretamente, estiveram envolvidos na minha formação e na realização deste trabalho, meus mais sinceros agradecimentos. Cada palavra de apoio, cada gesto de ajuda e cada incentivo foram fundamentais para que este momento se tornasse realidade.

RESUMO

A epigenética é um campo da biologia que investiga como os fatores ambientais influenciam a expressão gênica sem modificar a sequência do DNA. Compreender esses mecanismos é essencial para a educação científica, pois permite aos alunos relacionar conceitos biológicos ao seu cotidiano e reconhecer o impacto do ambiente na saúde e no desenvolvimento. Este trabalho propõe uma sequência didática inovadora para o Ensino Médio, abordando o tema “Epigenética na Educação”, com elaboração de um livro *pop-up* como ferramenta pedagógica interativa. O objetivo foi tornar o aprendizado mais acessível, envolvente e aplicável à realidade dos estudantes. A metodologia adotada se apoiou em práticas de ensino ativo, incentivando a participação dos alunos na construção do conhecimento. A sequência didática inclui discussões sobre o impacto da alimentação, do estresse e do comportamento materno na regulação epigenética, promovendo reflexões sobre hábitos saudáveis, qualidade de vida e a relação entre fatores ambientais e saúde humana. O uso do livro *pop-up* foi criado para envolver os estudantes em um aprendizado mais dinâmico, facilitando a assimilação de conceitos complexos sobre a epigenética. Os resultados apresentados auxiliam os docentes a ministrarem uma aula sobre o tema, ampliando a compreensão dos alunos sobre a aplicação desse conhecimento em contextos cotidianos – para uma maior consciência sobre suas escolhas pessoais - e como os comportamentos influenciam a saúde e o bem-estar das futuras gerações. A proposta visa não apenas à construção do conhecimento científico sobre epigenética, mas também ao desenvolvimento da reflexão crítica e da conscientização dos estudantes. A abordagem inovadora, baseada em metodologias ativas e recursos pedagógicos interativos na área da Genética, prepara os alunos para tomar decisões sobre seu estilo de vida e saúde.

Palavras-chave: epigenética; ensino de biologia; metodologia ativa; livro *pop-up*.

ABSTRACT

Epigenetics is a field of biology that investigates how environmental factors influence gene expression without modifying the DNA sequence. Understanding these mechanisms is essential for science education, as it allows students to relate biological concepts to their daily lives and recognize the impact of the environment on health and development. This work proposes an innovative teaching sequence for high school, addressing the theme “Epigenetics in Education”, with the development of a pop-up book as an interactive pedagogical tool. The objective was to make learning more accessible, engaging and applicable to the students' reality. The methodology adopted was based on active teaching practices, encouraging student participation in the construction of knowledge. The teaching sequence includes discussions on the impact of diet, stress and maternal behavior on epigenetic regulation, promoting reflections on healthy habits, quality of life and the relationship between environmental factors and human health. The use of the pop-up book was created to engage students in more dynamic learning, facilitating the assimilation of complex concepts about epigenetics. The results presented help teachers to teach a class on the topic, expanding students' understanding of the application of this knowledge in everyday contexts - for greater awareness of their personal choices - and how behaviors influence the health and well-being of future generations. The proposal aims not only to build scientific knowledge about epigenetics, but also to develop critical reflection and awareness among students. The innovative approach, based on active methodologies and interactive pedagogical resources in the area of Genetics, prepares students to make decisions about their lifestyle and health.

Keywords: epigenetics; biology education; active methodology; pop-up book.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
2 REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1 A epigenética e sua relevância no contexto educacional.....	11
2.2 Estresse e epigenética: o impacto no ambiente escolar	12
2.3 A Influência da dieta na epigenética e sua relevância no contexto escolar.....	13
2.4 A influência da exposição à poluição na epigenética no contexto escolar	14
2.5 Uso de metodologias ativas no Ensino Médio.....	14
2.6 Uso de livros <i>pop-up</i> como ferramenta pedagógica	15
3 OBJETIVOS	18
3.1 Geral.....	18
3.2 Específicos	18
4 METODOLOGIA DA PESQUISA	19
4.1 Desenvolvimento da sequência didática	20
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	29
ANEXO A – CHARGE.....	35
APÊNDICE A – EPIGENÉTICA NA ESCOLA	35

1 INTRODUÇÃO

A epigenética é uma área da biologia que investiga as transformações na expressão gênica, que ocorre sem a alteração na sequência de DNA. Em outras palavras, se refere ao estudo de moléculas e mecanismos que podem perpetuar estados alternativos de atividade genética no contexto da mesma sequência de DNA (Cavalli; Heard, 2019). Essas modificações podem ser influenciadas por fatores ambientais, como a alimentação, o estresse e a exposição a substâncias químicas, e têm sido associadas a diversas condições de saúde e desenvolvimento (Jaenisch; Bird, 2003; Bird, 2007; Fitz-James; Cavalli 2022). No contexto educacional, compreender a influência do ambiente sobre a expressão gênica pode ser uma poderosa ferramenta para melhorar o processo de ensino-aprendizagem, tornando os conteúdos de biologia mais dinâmicos e próximos da realidade dos estudantes (Dias *et al.*, 2020).

A abordagem epigenética pode oferecer percepções valiosas sobre como os fatores estressantes, ou a ausência deles, afetam diretamente o desenvolvimento cognitivo e comportamental dos indivíduos. Segundo o estudo de Bueno *et al.* (2019a,b), experiências ambientais adversas - como o estresse crônico - ocorridas durante a infância e a adolescência das pessoas, podem levar a modificações epigenéticas que influenciam a neuroplasticidade e, conseqüentemente, o desempenho escolar e o aprendizado. Sendo assim, trazer o tema da epigenética para o contexto escolar, por meio de uma sequência didática, permite que os estudantes compreendam o impacto do ambiente em sua biologia, promovendo uma educação que integra ciência e realidade cotidiana.

Diante desse cenário, o uso de metodologias ativas e recursos pedagógicos inovadores podem facilitar a compreensão dos conceitos epigenéticos, especialmente quando se considera a complexidade dos mecanismos moleculares envolvidos. Segundo Freire (2011), a educação deve ser um ato de conhecimento e não de mera transferência de informações. Assim, ao transformar o conteúdo científico em uma experiência visual e interativa, pretende-se tornar a aprendizagem mais significativa e participativa para os alunos.

Estudos indicam que uma educação baseada em epigenética pode auxiliar na compreensão de comportamentos e dificuldades de aprendizagem, oferecendo uma nova perspectiva sobre a importância da biologia para o desenvolvimento humano (Meaney, 2010a, 2010b; Champagne, 2013). O uso de recursos didáticos tridimensionais, como o livro *pop-up*, facilita a construção do conhecimento, especialmente no ensino de biologia molecular, que frequentemente envolve conceitos abstratos e de difícil assimilação para alunos do Ensino Médio (Clark; Paivio, 1991).

Nesse contexto, a sequência didática proposta visa explorar como o estresse, a alimentação e a exposição a poluentes, enquanto fator epigenético, pode impactar o comportamento, o desenvolvimento emocional e o aprendizado, promovendo uma reflexão crítica sobre o ambiente escolar e seu impacto na saúde mental dos alunos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A epigenética e sua relevância no contexto educacional

A epigenética explora as alterações na funcionalidade dos genes que não decorrem de transformações na sequência do DNA. Dentre os mecanismos investigados, destacam-se a metilação do DNA, as modificações nas histonas (proteínas associadas ao DNA) e a atuação de RNAs não codificantes (Gibbs, 2007; Jirtle; Skinner, 2007; Waggoner, 2007). Condições ambientais como o estresse, a nutrição e a exposição a poluentes podem modular esses processos (Bird, 2007). Em contraste com as mutações genéticas, que induzem mudanças definitivas na sequência do DNA, as alterações epigenéticas tendem a ser dinâmicas e reversíveis, proporcionando aos organismos uma adaptabilidade mais ágil às variações do meio (Jaenisch; Bird, 2003).

Um estudo marcante de Meaney e Szyf (2004a) explorou a influência do comportamento materno em camundongos sobre a atividade de genes ligados à forma como seus filhotes lidam com o estresse. Na pesquisa, as fêmeas foram separadas em dois grupos conforme a intensidade de seus cuidados: um grupo atencioso e outro com menos interação. A questão central era se essa diferença no cuidado materno afetava o gene responsável pelo receptor de glicocorticoides no cérebro dos filhotes – um componente chave para modular a resposta ao estresse. Os pesquisadores suspeitavam que o contato materno alteraria a metilação do DNA, um processo epigenético fundamental. Durante duas semanas, os camundongos foram acompanhados em um ambiente controlado, e os comportamentos de lambida e amamentação das mães foram registrados após o nascimento dos filhotes. Em seguida, o cérebro dos filhotes foi analisado, com foco no hipocampo. Métodos como imuno-histoquímica e testes de metilação do DNA foram empregados para verificar como o gene estava "se expressando".

Os resultados também revelaram que os filhotes que recebem mais cuidados maternos exibiram menor nível de metilação na região promotora do gene do receptor de glicocorticoides. Isso significava que o gene estava mais "ativo", permitindo uma melhor resposta ao estresse. Por outro lado, aqueles filhotes que receberam menos atenção materna apresentaram maior nível de metilação e menor atividade do gene, resultando em uma sensibilidade maior ao estresse. O estudo concluiu que o comportamento das mães pode, de fato, moldar a atividade dos genes por meio de alterações epigenéticas. Isso demonstra como as primeiras interações sociais podem ter um impacto duradouro na biologia do cérebro, abrindo portas para novas investigações sobre como o ambiente pode "reprogramar" nosso genoma (Meaney; Szyf, 2004a, 2004b).

Contudo, a epigenética pode ser incorporada ao ensino, especialmente no currículo de biologia. Ela oferece uma maneira de mostrar como o ambiente e a genética dos seres vivos estão intrinsecamente ligados, e como o ambiente escolar, o estresse e outros fatores podem afetar a saúde dos alunos, tanto física quanto mentalmente (Szyf, 2009).

2.2 Estresse e epigenética: o impacto no ambiente escolar

O estresse constante tem sido amplamente reconhecido como um fator epigenético com potencial para modular a atividade de genes, em especial aqueles associados ao eixo hipotálamo-hipófise-adrenal – o sistema central na coordenação da resposta do organismo a situações estressantes (McGowan *et al.*, 2009). No dia a dia da escola, os alunos se deparam com diversas fontes de pressão, desde as exigências do currículo até os desafios inerentes às relações interpessoais. A pesquisa científica demonstra que a exposição prolongada ao estresse pode impactar negativamente o desempenho cognitivo e emocional dos estudantes, por meio de alterações epigenéticas em mecanismos essenciais para a plasticidade cerebral, a memória e o aprendizado (Sapolsky, 2015).

Para compreender esse impacto, é fundamental saber que os mecanismos epigenéticos atuam na regulação da expressão gênica sem alterar a sequência do DNA (Gibbs, 2007). Segundo Jones e Takai (2001), esses mecanismos englobam a metilação do DNA, modificações nas histonas e a ação de RNAs não codificantes. A metilação, por exemplo, consiste na adição de grupos metil (CH₃) a regiões específicas do DNA, podendo levar ao silenciamento de determinados genes. É importante notar que esse processo é suscetível a influências ambientais, como dieta e estresse (Bird, 2002).

As modificações nas histonas também possuem um papel crucial. A adição de grupos acetil ou fosfato a essas proteínas pode alterar o grau de compactação da cromatina, influenciando o acesso de fatores de transcrição dos genes e, conseqüentemente, sua expressão (Kouzarides, 2007). De forma geral, a acetilação está associada ao aumento da expressão gênica, enquanto a desacetilação pode levar ao silenciamento (Strahl; Allis, 2000). Adicionalmente, os microRNAs (miRNAs) podem se ligar ao RNA mensageiro, impedindo sua tradução em proteínas e, dessa forma, controlando a quantidade de proteína produzida por um gene (Bartel, 2009). Esses processos dinâmicos permitem que as células ajustem suas funções em resposta a estímulos ambientais (WILSON *et al.*, 2007).

Nesse contexto, Bueno *et al.* (2012) enfatizam que o estresse, particularmente quando crônico, pode induzir alterações epigenéticas que afetam o comportamento, a saúde mental e a

capacidade de aprendizado. Tais alterações frequentemente envolvem a metilação de genes relacionados ao sistema nervoso central, com impacto nas funções cognitivas e emocionais. A epigenética, portanto, apresenta implicações relevantes para a saúde mental e o bem-estar. Estudos demonstram que fatores ambientais podem desencadear alterações epigenéticas que modulam a expressão de genes associados à depressão, ansiedade e outros transtornos (Szyf, 2009).

2.3 A Influência da dieta na epigenética e sua relevância no contexto escolar

A alimentação exerce um papel fundamental na regulação epigenética, influenciando as atividades dos genes de maneira notável. A epigenética, que se refere a mudanças na atividade gênica sem alterar a sequência do DNA, tem se mostrado essencial para entender como fatores ambientais, como a dieta e a exposição a poluentes podem afetar a saúde e o desenvolvimento ao longo da vida (Holuka *et al.*, 2024). No contexto de jovens em idade escolar, especialmente em escolas de ensino integral, as escolhas alimentares podem ter impactos duradouros na saúde epigenética. É comum que adolescentes consumam muitos alimentos processados, ricos em açúcares, gorduras saturadas e aditivos, em detrimento de alimentos frescos e ricos em nutrientes essenciais, como frutas, verduras e grãos integrais (Schmitz *et al.*, 2008; Noll *et al.*, 2019). Esses hábitos alimentares podem levar a alterações epigenéticas prejudiciais, aumentando o risco de doenças crônicas como diabetes, obesidade, câncer e transtornos metabólicos, além de afetar o desempenho cognitivo e o comportamento dos estudantes (Baker *et al.*, 2018). Segundo a revisão de Tiffon (2018), padrões alimentares, não apenas nutrientes individuais, influenciam o comportamento e o fenótipo nos descendentes. Por exemplo, dietas ocidentais que tendem a ser mais ricas em gorduras saturadas ou carboidratos sem um bom valor nutritivo, e que ao mesmo tempo são mais pobres em frutas e vegetais frescos, têm sido associadas a muitas doenças, incluindo hipertensão, doenças cardíacas, diabetes e obesidade, e geralmente tem sido associada a um risco aumentado de câncer.

Portanto, é crucial que os educadores promovam discussões sobre alimentação saudável dentro da sala de aula. A conscientização sobre os impactos da dieta na epigenética não apenas contribui para a formação de hábitos alimentares saudáveis entre os estudantes, mas também alerta sobre os efeitos a longo prazo que as escolhas alimentares aparentemente inofensivas podem ter em sua saúde mental e física. Além disso, é possível implementar atividades educativas que conectem a biologia molecular e a epigenética com o cotidiano dos alunos, facilitando a compreensão de como a alimentação pode afetar diretamente sua expressão gênica

e, conseqüentemente, sua saúde e desempenho escolar (Oliveira *et al.*, 2014; Pontes *et al.*, 2016).

Em suma, integrar a discussão sobre a dieta e a epigenética na educação básica é uma estratégia fundamental para sensibilizar os jovens sobre a importância de uma alimentação saudável e seus efeitos sobre o corpo e a mente. A educação sobre esses temas não só apoia a formação de hábitos alimentares saudáveis, mas também contribui para a construção de uma base sólida de conhecimento científico para a vida adulta (Sant *et al.*, 2012).

2.4 A influência da exposição à poluição na epigenética no contexto escolar

Pesquisas demonstram que a exposição prolongada a partículas finas (PM_{2.5}) e substâncias tóxicas podem alterar os padrões de metilação do DNA e a atividade dos microRNAs (Ho *et al.*, 2012; Freitas; Pereira, 2023; Ogunjobi *et al.*, 2024). Essas alterações têm sido associadas a um risco maior de doenças respiratórias e neurológicas, além de possíveis impactos no desempenho escolar, já que funções cognitivas importantes, como a memória e a atenção, podem ser prejudicadas. Além disso, a poluição pode induzir modificações na estrutura da cromatina, afetando o desenvolvimento dos neurônios e aumentando a predisposição a distúrbios comportamentais (REVISTA FT, 2023; Ogunjobi *et al.*, 2024). Os estudos sugerem que essas mudanças podem ter efeitos transgeracionais, ou seja, serem transmitidas para as futuras gerações (Maamar *et al.*, 2021), o que torna ainda mais preocupante a exposição contínua a poluentes no ambiente escolar.

Para mitigar esses efeitos negativos, é possível adotar estratégias como o monitoramento da qualidade do ar, a implementação de práticas sustentáveis nas escolas e a inclusão da educação ambiental no currículo (Freitas; Pereira, 2023; Revista FT, 2023).

2.5 Uso de metodologias ativas no Ensino Médio

A educação contemporânea busca incessantemente abordagens inovadoras que promovam um aprendizado mais dinâmico e efetivo, sobretudo em níveis de ensino mais avançados, como o Ensino Médio. Segundo Bonwell e Eison (1991), as metodologias ativas se destacam como abordagens pedagógicas que incentivam a participação engajada dos estudantes no processo de aprendizagem, permitindo que construam seu conhecimento através de experiências práticas e reflexivas. Ao abordar temas que envolvem processos moleculares e interações biológicas complexas, metodologias ativas como a Aprendizagem Baseada em

Problemas (ABP) e o ensino por investigação se mostram ferramentas eficazes para cativar os alunos de forma mais profunda e instigante (Oliveira, 2013). Essas metodologias valorizam a participação ativa do estudante na construção do conhecimento, fomentando a autonomia e o pensamento crítico.

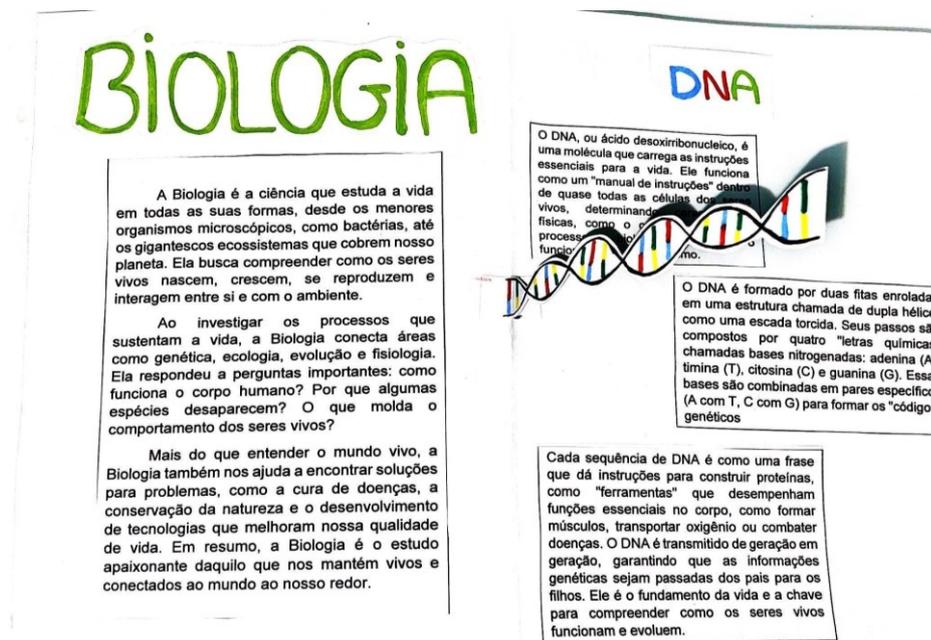
Estudos de Rocha e Pinto (2015) têm corroborado a eficácia das metodologias ativas no Ensino Médio, onde destacam que a implementação dessas metodologias resulta em maior motivação e envolvimento dos alunos, além de favorecer o desenvolvimento de habilidades cruciais, como a resolução de problemas e o pensamento crítico. As estratégias variam desde o aprendizado baseado em projetos até o ensino híbrido, todas com o objetivo comum de transformar o aluno de um mero receptor de informações em um protagonista de sua própria jornada de aprendizado (Bacich; Moran, 2018). Ademais, as sequências didáticas se apresentam como ferramentas valiosas. Zabala (1998) as define como conjuntos de atividades pedagógicas cuidadosamente estruturadas, com o propósito de desenvolver habilidades e competências de forma gradual, guiando os alunos desde seus conhecimentos prévios até a assimilação de novos conceitos. Uma sequência didática bem elaborada possibilita que os alunos se tornem agentes ativos em seu processo de aprendizagem, promovendo a contextualização dos conteúdos.

A aplicação de sequências didáticas em sala de aula tem sido alvo de estudos que evidenciam sua eficácia na promoção de uma aprendizagem significativa. Silva *et al.* (2016), por exemplo, investigaram o uso de sequências didáticas no ensino de genética e observaram que essa estratégia facilitou a compreensão dos conceitos abordados, aumentando a participação dos alunos e a relevância do conteúdo para suas vidas. Esses e outros resultados indicam que as sequências didáticas, ao serem integradas com metodologias ativas, potencializam o envolvimento dos alunos e a construção de um aprendizado mais duradouro e eficaz. Para Freire (2011), essa combinação não apenas facilita a compreensão de conteúdos complexos, mas também prepara os alunos para enfrentar desafios acadêmicos e profissionais no futuro.

2.6 Uso de livros *pop-up* como ferramenta pedagógica

Os livros *pop-up* utilizam o papel como base para promover interações com o leitor, surpreendendo-o por meio dos elementos que “saltam à página” (Loureiro; Regatão, 2019), conforme a ilustração da Figura 1. O termo *pop-up* refere-se a um *phrasal verb* que significa “aparecer”, conforme o *Longman Dictionary of Contemporary English*. São livros que dispõem de um ou mais mecanismos da engenharia de papel (Santos, 2019).

Figura 1. Exemplo de livro *pop-up* feito em papel.



Fonte: A Autora, 2025.

Estudos indicam que o uso de materiais didáticos tridimensionais pode aumentar significativamente a retenção do conhecimento e promover maior interação entre os estudantes (O'Malley *et al.*, 2013; Martins; Kuwahara, 2024). A utilização de livros *pop-up* em ambientes educacionais tem ganhado destaque devido ao seu potencial de proporcionar uma experiência de aprendizado multissensorial. A tridimensionalidade das figuras permite que ideias complexas, como os mecanismos epigenéticos, sejam representadas de forma visual e tangível, o que facilita a compreensão e a memorização pelos estudantes (Waller, 2010). Em disciplinas como a Biologia, que frequentemente lida com estruturas invisíveis a olho nu, como moléculas e processos celulares, os livros *pop-up* ajudam a concretizar esses conceitos, tornando-os mais acessíveis e estimulando o interesse dos alunos (Martins; Kuwahara, 2024).

A criação de um livro *pop-up* que ilustra os efeitos do estresse no ambiente escolar versus um ambiente saudável pode proporcionar aos alunos uma forma eficaz de visualizar como fatores externos podem influenciar a atividade dos genes (Barbosa, 2012). Por exemplo, o livro poderia incluir representações tridimensionais do cérebro sob estresse crônico e o impacto desse estresse em genes específicos que modulam a resposta ao estresse e a plasticidade cerebral (Meaney, 2010a). Ao combinar esse recurso visual com uma sequência didática bem estruturada, é possível criar um ambiente de aprendizado mais envolvente e eficaz (Martins; Kuwahara, 2024).

A eficácia desses livros como ferramenta pedagógica está intimamente ligada ao seu potencial de personalização, permitindo que o material se adapte a diversos conteúdos e facilite o aprendizado em áreas complexas (Barbosa, 2012). No estudo de Smith e Johnson (2018), o uso de livros *pop-up* em aulas de biologia contribuiu para um aumento significativo na motivação dos alunos, principalmente ao tratar de tópicos abstratos, como divisão celular e processos genéticos.

A possibilidade de manipular representações físicas torna o aprendizado mais dinâmico e interativo. Neste contexto, o uso de livros *pop-up* permite que os alunos visualizem e compreendam como fatores ambientais, como estresse e nutrição, podem influenciar a atividade dos genes ao longo do tempo, algo que nem sempre é facilmente assimilado em aulas puramente teóricas. Assim, essas representações concretas criam uma ponte entre o conteúdo teórico e sua aplicação prática, facilitando a internalização de conceitos complexos e promovendo uma aprendizagem mais profunda. Essa iniciativa está alinhada às recomendações da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que defende o uso de diferentes linguagens e recursos no processo de ensino-aprendizagem, permitindo que o aluno atue como protagonista de seu aprendizado e desenvolva habilidades críticas e reflexivas (Brasil, 2018).

3 OBJETIVOS

3.1 Geral

Propor uma sequência didática com produção de livro *pop-up* para facilitar a abordagem e o aprendizado de conceitos relacionados a epigenética no Ensino Médio.

3.2 Específicos

- Propor uma sequência didática com produção de um livro *pop-up* que auxilie no ensino sobre como o ambiente influencia a resposta e a expressão gênica;
- Demonstrar os impactos do estresse, alimentação no ambiente escolar no contexto da epigenética;
- Promover o uso de metodologias ativas como recurso didático para desenvolvimento do tema epigenética por docentes do Ensino Médio;
- Incentivar a reflexão crítica dos alunos sobre o papel da epigenética no seu cotidiano.

4 METODOLOGIA DA PESQUISA

Este trabalho adota uma abordagem qualitativa e exploratória, focada na criação de uma sequência didática inovadora para o ensino de epigenética a estudantes do primeiro e/ou segundo ano do Ensino Médio. A pesquisa qualitativa nos permite analisar em profundidade as interações entre alunos, professores e o material didático proposto. Investigaremos como os conceitos epigenéticos, relacionados à influência do ambiente na atividade dos genes, são compreendidos pelos estudantes por meio de atividades visuais e práticas, culminando na criação de um livro *pop-up*.

A sequência didática será implementada com base metodologias ativas, incentivando o protagonismo dos alunos no processo de ensino-aprendizagem. Ela será estruturada em cinco aulas, cada uma planejada para introduzir conceitos fundamentais sobre epigenética de forma gradual e interativa. O principal recurso será o livro *pop-up*, projetado para ilustrar visualmente como fatores ambientais, como o estresse e a alimentação, podem influenciar a regulação dos genes por meio de mecanismos epigenéticos. Esse material didático incluirá representações das estruturas de células e DNA, bem como os mecanismos de controle gênico, como a metilação e as modificações de histonas. Além disso, serão destacados os efeitos de fatores ambientais no corpo humano, com comparações visuais entre ambientes estressantes e ambientes saudáveis, enfatizando as diferenças na expressão gênica e no comportamento.

Ao longo da sequência, os alunos participarão de aulas dinâmicas e interativas, incluindo a observação de um experimento prático com plantas submetidas a diferentes condições ambientais (estressantes e favoráveis). Um estudo clássico de Clausen, Keck e Heisey (1940) investigou a reação de clones da planta *Achillea* (mil-folhas) em diferentes altitudes na Califórnia. Mesmo sendo geneticamente idênticos, os pesquisadores observaram variações significativas no fenótipo das plantas, dependendo das condições ambientais de cada altitude, como luz, temperatura e umidade. Esse estudo demonstra como fatores ambientais podem influenciar o desenvolvimento e a atividade dos genes das plantas, mesmo quando os indivíduos são geneticamente iguais.

No experimento proposto, as plantas serão divididas em dois grupos: um exposto a condições estressantes (como variações de temperatura, falta de água ou luz, ou presença de poluentes) e outro mantido em condições ideais para o seu crescimento. Durante o experimento, que durará cerca de 3 semanas, os alunos observarão e registrarão as mudanças visíveis nas plantas, como o crescimento das folhas, a coloração e outros aspectos morfológicos. Eles serão incentivados a relacionar essas mudanças com o impacto do estresse no organismo humano,

discutindo como fatores ambientais podem modificar a expressão gênica, levando a alterações no desenvolvimento e no comportamento. A ideia é que os estudantes compreendam, de forma prática, como o estresse pode afetar o organismo de maneira semelhante, estimulando uma reflexão sobre como as condições do ambiente escolar ou familiar podem influenciar a saúde e o aprendizado. Ao final do experimento, os alunos apresentarão suas observações e discutirão as implicações desses resultados para o entendimento de como o ambiente pode modular o comportamento e o desenvolvimento, tanto de plantas quanto de seres humanos.

A sequência didática também engloba discussões sobre como fatores externos, principalmente o estresse no contexto escolar, podem afetar a regulação de genes relacionados ao comportamento e à saúde mental. Essas discussões serão integradas às atividades de construção do livro *pop-up*, no qual os alunos representarão os conceitos epigenéticos aprendidos de maneira criativa e interativa, associando-os ao seu cotidiano.

A abordagem metodológica proposta está alinhada com as diretrizes curriculares nacionais, que incentivam o uso de múltiplas linguagens e recursos no ensino-aprendizagem, promovendo uma educação mais dinâmica, crítica e reflexiva.

4.1 Desenvolvimento da sequência didática

Aula 1: Introdução à epigenética

O objetivo principal será apresentar o conceito de epigenética de forma acessível. Primeiramente, serão resgatados os conhecimentos prévios dos alunos a respeito da genética, e em seguida será abordado o conceito de epigenética e como esse processo influencia as mudanças na expressão gênica, sem alterar a sequência do DNA. Para facilitar a compreensão dos alunos, a aula será projetada em slides e em um quadro branco para ilustrar os principais mecanismos epigenéticos, como a metilação do DNA e as modificações de histonas.

Um momento central da aula será a exibição de um vídeo educativo, "Epigenética: entender essa nova fronteira na Ciência"- <https://youtu.be/naXBk4mMW6o?si=1BOL8CY-m9maGWKr>. Vídeo do canal da BBC New Brasil, o vídeo utiliza o exemplo de gêmeas idênticas para ilustrar como, apesar de compartilharem o mesmo DNA, elas podem apresentar características diferentes devido a influências epigenéticas, e que modificam a maneira como os genes se expressam a partir do ambiente em que vivem e os hábitos que possuem. Os alunos serão instigados através de uma charge (ANEXO) na qual representará como o ambiente pode modular a expressão gênica, preparando-os para a próxima etapa da sequência.

Aula 2: Fatores ambientais e epigenética

Na segunda aula, o foco será explorar os fatores ambientais que influenciam a epigenética, com ênfase no estresse e na alimentação. A aula terá início resgatando os conceitos discutidos anteriormente e, em seguida, introduzirá exemplos práticos sobre como hábitos alimentares e o estresse podem modificar a regulação gênica. Para tornar esse conceito mais tangível, será apresentado o experimento prático com plantas, que será conduzido ao longo das próximas aulas. Duas bandejas de plantas da mesma espécie serão preparadas com condições distintas: uma será mantida em ambiente favorável, com luz adequada, fornecimento de água e solo rico em nutrientes; a outra será submetida a condições estressantes, como luz reduzida, restrição hídrica e solo empobrecido. Os alunos serão divididos em grupos de três a quatro membros e cada grupo será responsável por observar as mudanças nas plantas, registrando semanalmente suas percepções sobre coloração, crescimento e aparência geral. Durante essa etapa, será destacado a relação entre os efeitos do estresse nas plantas e nos seres humanos, incentivando os alunos a refletirem sobre como situações estressantes, como pressão escolar (alta quantidade de trabalhos e provas) e maus hábitos de alimentação (lanches, fast-food), podem afetar sua saúde e bem-estar

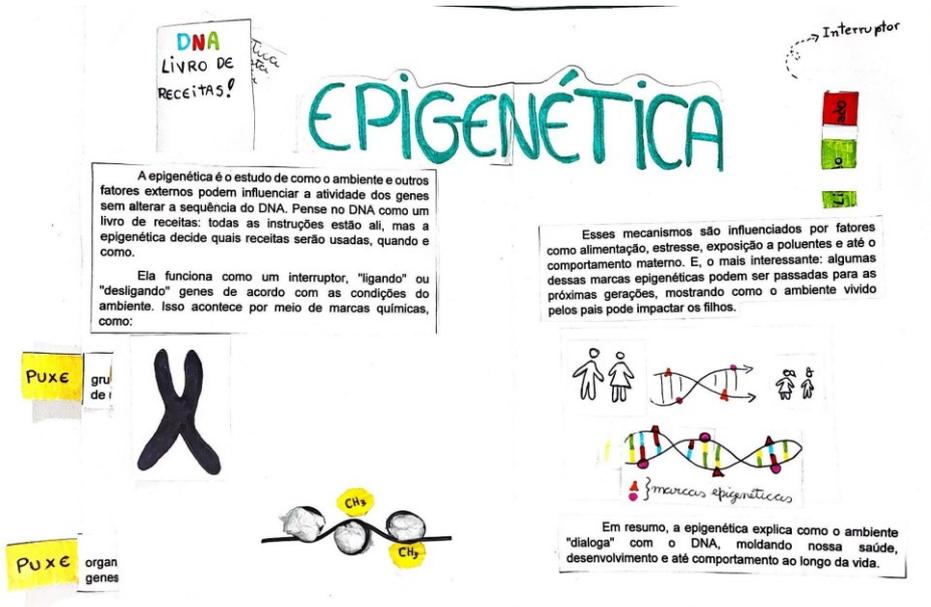
Aula 3: Construindo o livro *pop-up* – parte 1 (mecanismos epigenéticos)

Na terceira aula, os alunos começarão a construção do livro *pop-up*, que servirá como uma ferramenta visual e interativa para ilustrar os mecanismos epigenéticos. Ao iniciar a aula será mostrado um exemplo de livro *pop-up* (Figura 2) aos alunos, e serão explicados os processos de metilação do DNA e modificação de histonas, utilizando imagens para facilitar a compreensão. Os alunos aprenderão como esses mecanismos podem "ligar" ou "desligar" genes em resposta a fatores ambientais.

Os alunos continuarão divididos em grupos, e começarão a criar as primeiras páginas do livro *pop-up*. O livro deverá conter representações das estruturas do DNA, bem como os processos de metilação e modificação de histórias, além de páginas dedicadas a ambientes estressantes *versus* não estressantes e seu impacto tanto na expressão gênica quanto no contexto educacional geral. Serão fornecidos materiais como papel, cartolina, tesoura, cola e poderão aproveitar outros materiais de fins recicláveis para tornar o projeto mais criativo e sustentável, incentivando a sustentabilidade dos alunos na elaboração do projeto. Durante essa aula, os alunos serão guiados e orientados durante a produção e os recortes, garantindo que os conceitos

científicos estejam sendo representados corretamente tornando a experiência de aprendizagem mais interativa.

Figura 2. Modelo de livro *pop-up* a ser demonstrado aos alunos.



Fonte: A Autora, 2025.

Aula 4: Construindo o livro *pop-up* – parte 2 (exemplos do cotidiano)

Na quarta aula, os alunos continuarão a construção do livro *pop-up*, desta vez integrando os resultados do experimento com as plantas. A aula terá início com uma revisão breve dos conceitos discutidos nas aulas anteriores, enfatizando como os fatores *dieta* e *estresse* podem influenciar a expressão gênica, tanto em plantas quanto em seres humanos. Será reintroduzido o experimento realizado com as plantas, comparando o grupo de vegetais que foi exposto a um ambiente estressante com o grupo que cresceu em condições favoráveis. Os alunos discutirão as diferenças observadas no crescimento e na saúde das plantas, conectando esses resultados aos conceitos de epigenética e à influência ambiental.

A partir dessas observações, os alunos finalizarão o livro *pop-up*, criando seções que representarão exemplos práticos do cotidiano escolar, como o impacto da pressão escolar e os conflitos interpessoais na regulação dos genes relacionados ao comportamento e à saúde mental. Eles deverão ilustrar, com base no experimento, como as condições ambientais podem afetar a expressão gênica nas plantas e, de maneira semelhante, podem também influenciar os seres humanos. Será incentivada a criatividade e a exploração de diferentes formas de

apresentação por parte dos alunos para aplicarem o conceito de epigenética ao contexto de suas próprias vidas. Esses vínculos entre o experimento prático e a construção do livro *pop-up* ajudará a solidificar a compreensão dos alunos sobre como o ambiente pode moldar a expressão gênica e, conseqüentemente, o comportamento.

Aula 5: Apresentação dos livros *pop-up* e reflexão final

A última aula será dedicada à apresentação dos livros *pop-up* e à reflexão final sobre os aprendizados adquiridos ao longo da sequência didática. Cada grupo terá a oportunidade de compartilhar seu trabalho com a turma, explicando as escolhas visuais feitas para representar os conceitos epigenéticos e discutindo os principais desafios encontrados durante a construção do material. Além disso, os alunos apresentarão suas observações sobre o experimento com as plantas, destacando as diferenças de crescimento entre os dois grupos e fazendo paralelos com a influência do ambiente na biologia humana. Durante as apresentações, serão realizadas perguntas e questionamentos, incentivando os alunos a relacionarem os conhecimentos adquiridos com suas experiências pessoais. Eles poderão discutir como o estresse ambiental influencia o comportamento das plantas, fazendo um paralelo com o impacto que fatores como a pressão escolar e a alimentação consumida podem ter na expressão gênica humana.

Para concluir, será realizada uma atividade avaliativa, na qual cada aluno escreverá um pequeno texto reflexivo sobre como a epigenética pode influenciar sua vida e quais mudanças de hábitos poderiam ser adotadas para promover uma regulação gênica mais saudável. Com isso, a sequência didática fornecerá não apenas a compreensão teórica da epigenética, mas também uma experiência significativa que conectará a biologia molecular ao cotidiano dos estudantes, preparando-os para aplicar o conhecimento adquirido em sua vida cotidiana.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A presente pesquisa desenvolveu uma sequência didática inovadora para o ensino de epigenética no Ensino Médio, utilizando livros *pop-up* como ferramenta pedagógica. Embora a aplicação prática ainda não tenha sido realizada, a fundamentação teórica e estudos anteriores indicam que o uso de materiais tridimensionais e metodologias ativas podem facilitar a compreensão de conceitos complexos, aumentar o engajamento dos alunos e promover uma aprendizagem significativa. Todas as páginas do livro autoral *pop-up* podem ser vistas no APÊNDICE deste trabalho.

A estrutura da sequência didática segue os princípios propostos por Zabala (1998), que defende que uma abordagem bem planejada deve apresentar etapas progressivas e interligadas, permitindo que os conceitos sejam construídos de maneira significativa. A sequência desenvolvida neste estudo foi planejada em etapas que incluem:

- Introdução ao conceito de epigenética e sua importância.
- Discussão e experimento com plantas em ambientes favoráveis e não favoráveis.
- Construção dos livros *pop-up* pelos alunos como forma de consolidar o conhecimento.
- Debates sobre todas as etapas percorridas durante a sequência didática proposta.

Estudos como os de Freire (2011) destacam a importância de um ensino que promova a participação ativa dos estudantes, tornando-os protagonistas no processo de aprendizagem. A produção do material didático pelos próprios alunos reforça essa abordagem, pois leva a uma reflexão sobre o conteúdo de forma mais profunda e aplicá-lo na prática. Outro fator relevante da sequência didática proposta é sua conexão com o cotidiano dos alunos. A aprendizagem significativa, segundo Ausubel (2003), ocorre quando novos conhecimentos se relacionam com o que o estudante já sabe, tornando a informação mais assimilável. Ao discutir como hábitos alimentares, estresse e estilo de vida podem impactar a expressão dos genes, a proposta busca aproximar o conteúdo científico da realidade dos alunos, tornando-o mais relevante e aplicável.

O desenvolvimento de livros *pop-up* responde à necessidade de metodologias inovadoras que favorecem a compreensão de conteúdos complexos, tornando o aprendizado mais dinâmico e atraente. Ao integrar visualização e interação, essa abordagem pode envolver os estudantes, facilitando a assimilação do conteúdo sobre epigenética e incentivando uma análise mais profunda sobre a relação entre o ambiente e a biologia humana, especialmente no que se refere à expressão gênica. Assim, a utilização de metodologias ativas e recursos como o

livro *pop-up* se configura como uma estratégia eficaz para tornar esses conceitos mais acessíveis e estimulantes para os alunos (Loureiro; Regatão, 2019; Lillien *et al.*, 2020).

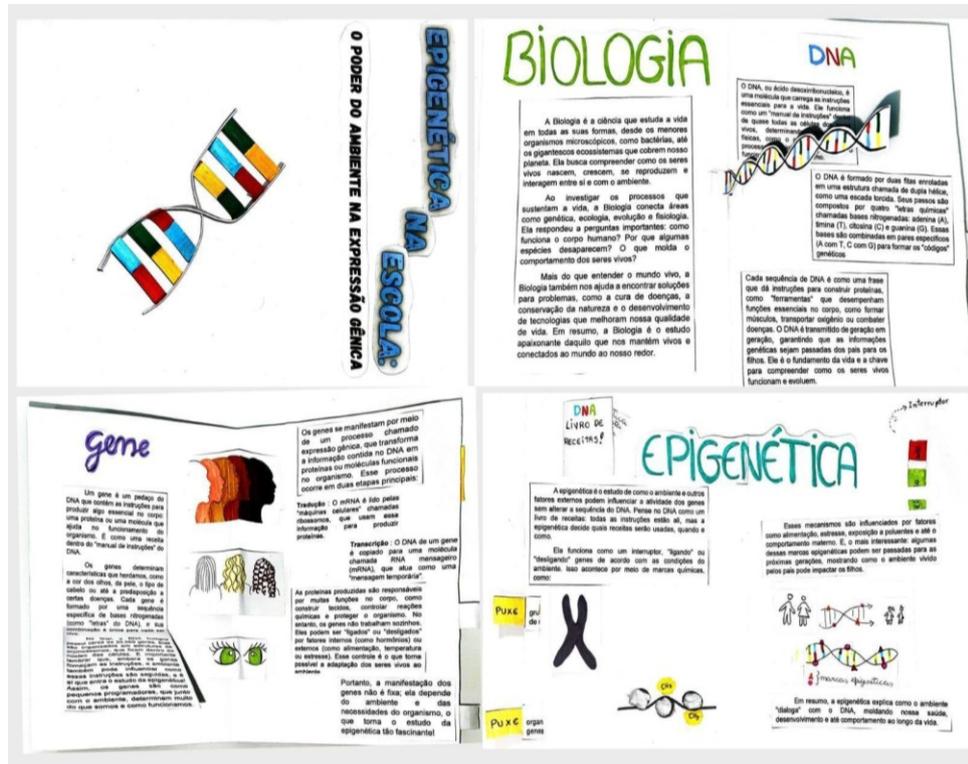
Seguindo esse viés, inserir práticas pedagógicas que possam estimular os alunos a desenvolverem ativamente suas atividades é extremamente importante para aguçar seu senso crítico, autonomia e se tornar um agente ativo na construção do seu conhecimento. Sendo assim, ao desenvolverem um livro *pop-up* intitulado “*Epigenética na Escola: O Poder do Ambiente na Expressão Gênica*”, no contexto educativo especialmente para o ensino de ciências e biologia, tem mostrado grande eficácia na simplificação de conceitos abstratos, como os processos epigenéticos. Então, a partir da perspectiva de Vygotsky (1998), a aprendizagem é um processo essencialmente social, mediado pela interação entre o sujeito e o meio. A relação afetiva entre professor e aluno desempenha um papel fundamental nesse processo, pois a motivação e o envolvimento emocional influenciam diretamente a internalização do conhecimento. Além disso, o uso de metodologias ativas favorece a mediação pedagógica, permitindo que os estudantes avancem em sua *Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP)* por meio da interação com colegas mais experientes e do apoio do professor. Dessa forma, a aprendizagem não ocorre de maneira isolada, mas sim como resultado da construção coletiva do conhecimento, tornando-se mais significativa e eficaz (Vygotsky, 1998).

Dessa forma, a confecção do livro *pop-up* foi realizada utilizando materiais acessíveis, como papel cartão, cola, estiletes e mecanismos dobráveis de papel, criando uma experiência tátil e visual (Wickings, 2012; Santos, 2012). A estrutura do livro foi organizada para abordar gradativamente os conceitos de biologia e epigenética, começando com uma introdução sobre a biologia e a definição do DNA. Ao abrir a página, surge uma representação tridimensional do DNA, permitindo ao aluno visualizar sua estrutura helicoidal e entender melhor a complexidade do material genético. Na sequência, o conceito de gene é abordado com uma ilustração *pop-up* que ilustra as características fenotípicas, como a cor da pele, o tipo de cabelo e a cor dos olhos, evidenciando a influência dos genes sobre essas características (Prochazka; Franzolin, 2018). Essa abordagem visual ajuda os alunos a conectar de forma concreta os conceitos abstratos de genética, como a relação entre genes e características visíveis (Wanderley, 2007).

O conceito de epigenética é introduzido de maneira acessível, utilizando a metáfora do DNA como um "livro de receitas", onde o ambiente pode ativar ou desativar certos genes. A metilação do DNA, um dos processos epigenéticos fundamentais, é representada visualmente por grupos metil ligando-se ao DNA. Esse conceito é ilustrado de forma criativa, com histonas feitas de papel e arames, proporcionando uma experiência tátil que permite uma compreensão mais profunda do processo. O livro também explora como as marcas epigenéticas podem ser

herdadas, com ilustrações mostrando a transmissão dessas alterações de pais para filhos, como representado na Figura 3.

Figura 3. Livro *pop-up* desenvolvido.



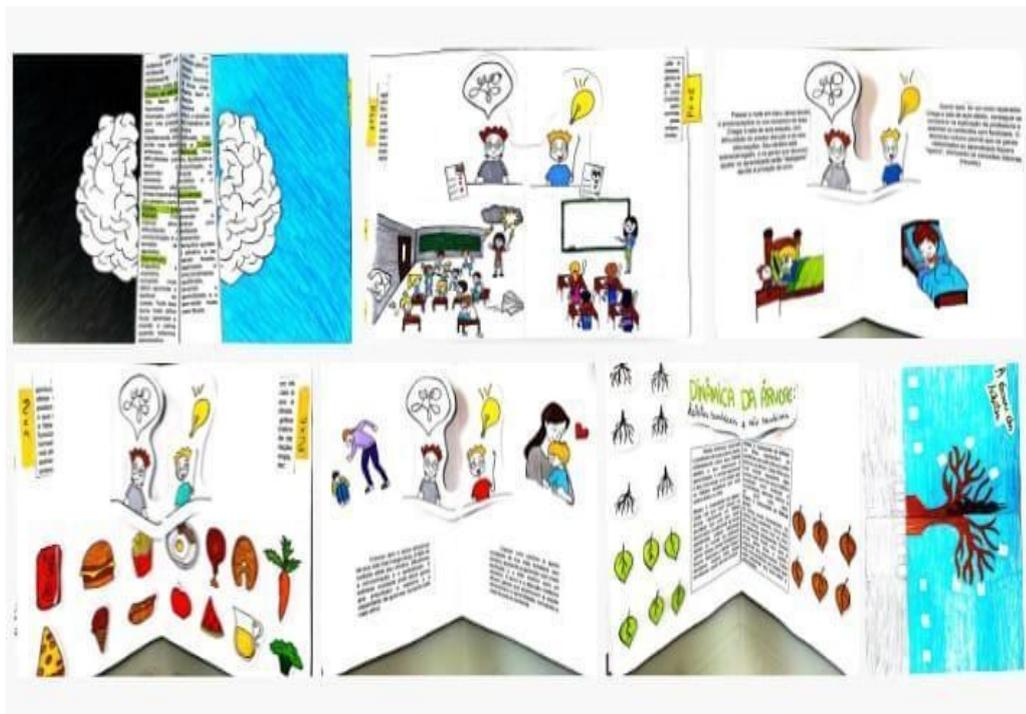
Fonte: A Autora, 2025.

É importante evidenciar o impacto da epigenética no desenvolvimento cognitivo, uma vez que seu desenvolvimento é extremamente importante para o desempenho acadêmico dos alunos. Sendo assim, o córtex cerebral apresenta dois lados contrastantes: um escurecido, representando um cérebro afetado por marcas epigenéticas negativas (relacionadas ao estresse ou má alimentação), e o outro claro, simbolizando um córtex, sem alterações, no qual apresenta maior capacidade de raciocínio e aprendizagem. Seguindo essa linha, o livro explora situações do cotidiano que afetam a expressão gênica dos alunos, focando dentro da sala de aula:

- Dois estudantes são apresentados - um confuso e outro atento -, destacando como ambientes escolares estressantes podem prejudicar o aprendizado.
- Seguindo essa linha de raciocínio, fatores como o sono e alimentação podem impactar no desenvolvimento cognitivo dos alunos, que são fatores que afetam diretamente no desenvolvimento do aluno.
- Outro tópico importante é o cuidado materno, mostrando as diferenças entre uma criança que recebeu atenção adequada e outra que não recebeu, e a exposição à poluição, comparando um ambiente poluído com um mais limpo.

O livro também propõe uma dinâmica interativa, chamada "A Árvore dos Hábitos", em que os estudantes podem incorporar raízes para representar hábitos saudáveis e colocar folhas verdes nas áreas correspondentes aos benefícios desses hábitos (Figura 4). Folhas secas, por outro lado, simbolizam hábitos não saudáveis, promovendo uma reflexão sobre as escolhas diárias e seu impacto na saúde e na expressão gênica. A metáfora da árvore é usada para fortalecer a ideia de que, assim como uma árvore precisa de raízes fortes para crescer, o aprendizado e o bem-estar também dependem de bons hábitos, incentivando os alunos a fortalecerem suas “raízes” para que seu “aprendizado” floresça. A atividade destaca que os estudantes são os responsáveis por suas próprias escolhas (Torre, 2005). De acordo com Zabala (1998), o aprendizado se torna mais eficaz quando o aluno participa ativamente da construção do conhecimento, e não apenas como receptor passivo de informações.

Figura 4. Livro *pop-up* desenvolvido.



Fonte: A Autora, 2025.

Estudos demonstram que o uso de livros *pop-up* no ensino de biologia é altamente eficaz para o Ensino da Biologia trabalhando conceitos abstratos e complexos, como os encontrados na epigenética. O processo de criação de livros *pop-up* por parte dos alunos traz benefícios significativos, como por exemplo, organização, criatividade, favorece a revisão dos conteúdos trabalhados e simplificação das informações de maneira criativa e visualmente falando. Dessa forma, esse processo estimula a aprendizagem ativa, promovendo uma maior interação entre o

conteúdo trabalhado, além de facilitar sua compreensão e retenção. Pesquisas indicam que a produção de materiais pelos estudantes favorece a construção do conhecimento, tornando o processo de aprendizagem mais significativo e eficaz (Santos *et al.*, 2015; Barbosa *et al.*, 2017).

A utilização de livros tridimensionais no processo educacional pode ser uma ferramenta eficaz para estimular a aprendizagem e o interesse dos alunos. Esses materiais, ao aliarem a engenharia do papel, o design e a ilustração, proporcionam uma experiência interativa e visualmente envolvente, facilitando a compreensão de conceitos complexos. Além disso, sua construção permite que os estudantes participem ativamente do processo, promovendo uma conexão mais significativa com o conteúdo e incentivando o desenvolvimento da criatividade e do pensamento crítico (Nascimento, 2022).

O uso de materiais tridimensionais no ensino de ciências tem demonstrado ser eficaz em diversas áreas. Souza e Pereira (2021), ao investigarem a aplicação de livros *pop-up* no ensino de ciências, observaram que o uso desse recurso pode tornar o aprendizado mais interativo e facilitar a compreensão de conceitos complexos. Os alunos, ao interagir com esses materiais, mostraram maior interesse e engajamento, o que contribuiu para uma melhor assimilação do conteúdo. Da mesma forma, Lillien *et al.* (2020) destacam que a utilização de livros *pop-up* na educação ambiental é eficaz em uma aprendizagem mais lúdica e envolvente, facilitando a internalização dos conceitos. Nesse caso, dentro da genética não seria diferente.

A epigenética, por investigar como fatores ambientais modulam a expressão gênica sem alterar a sequência do DNA, apresenta desafios didáticos devido à complexidade dos mecanismos moleculares envolvidos. Dessa forma, no ensino de epigenética, a abordagem com livros *pop-up* se mostra promissora, pois permite a ilustração dos mecanismos epigenéticos de maneira interativa e visual. Ao invés de apenas ler sobre como a metilação do DNA ou a modificação das histórias influenciando a expressão gênica, os alunos podem construir modelos tridimensionais desses processos, favorecendo uma melhor compreensão do conteúdo. Estudos indicam que alunos do Ensino Médio frequentemente encontram dificuldades para compreender conceitos genéticos, principalmente por serem processos invisíveis e altamente abstratos (Meaney; Szyf, 2004a; Bueno *et al.*, 2012). O'Malley *et al.* (2003) enfatizam que materiais tridimensionais auxiliam na assimilação de conceitos complexos, pois permitem que os estudantes interajam com representações físicas antes de compreendê-las apenas por meio de textos ou imagens bidimensionais. Ao incluir atividades práticas e de incentivo à produção de livros *pop-up*, a sequência didática promove a autonomia e a criatividade dos estudantes.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados e discussões apresentados, conclui-se que a sequência didática proposta, utilizando livros *pop-up* como ferramenta pedagógica, demonstra um potencial significativo para o ensino de epigenética no Ensino Médio. Embora sua aplicação prática ainda não tenha ocorrido, a sólida fundamentação teórica e a análise de estudos anteriores sugerem que essa abordagem pode superar desafios didáticos associados à complexidade dos conceitos epigenéticos. O uso de materiais tridimensionais, como os livros *pop-up*, facilita a visualização e a manipulação das informações, tornando conceitos abstratos mais concretos e acessíveis. A estrutura da sequência didática, organizada em etapas progressivas e interligadas, permite a construção do conhecimento de forma gradual e significativa.

A criação dos livros *pop-up* pelos próprios alunos estimula a aprendizagem ativa e a reflexão sobre o conteúdo, reforçando o protagonismo estudantil no processo educativo. Além disso, ao relacionar a epigenética ao cotidiano por meio de temas como alimentação, estresse e estilo de vida, o conteúdo torna-se mais relevante e aplicável, favorecendo a assimilação do conhecimento. Em síntese, a sequência didática proposta representa uma abordagem inovadora e promissora para o ensino de epigenética, com potencial para ampliar o engajamento dos estudantes, facilitar a compreensão de conceitos complexos e promover uma aprendizagem mais significativa e duradoura.

REFERÊNCIAS

- AUSUBEL, D. P. **A aprendizagem significativa: a teoria de aprendizagem de David Ausubel**. 1. ed. Porto Alegre: Artmed, 2003.
- BACICH, L.; MORAN, J. **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática**. Porto Alegre: Penso, 2018.
- BAKER, P. *et al.* Ultra-processed foods and the nutrition transition: Global, regional and national trends, food systems transformations and political economy drivers. **Obesity Reviews**, Oxford, v. 22, n. 12, p. e13126, 2021.
- BARBOSA, F. A.; OLIVEIRA, J. D.; MENEZES, T. R. Estratégias de ensino e a produção de materiais didáticos pelos alunos: Um estudo sobre a aprendizagem ativa. **Revista Brasileira de Educação**, São Paulo, v. 22, n. 3, p. 207-221, 2017.
- BARBOSA, I. V. **Abordagem em temas de saúde pública por meio de atividades lúdicas com professoras da educação infantil**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Naturais e Matemática) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2012.
- BARTEL, D. P. MicroRNAs: target recognition and regulatory functions. **Cell**, Rio de Janeiro, v. 136, n. 2, p. 215-33, 2009.
- BIRD, A. DNA methylation patterns and epigenetic memory. **Genes & Development**, Cold Spring Harbor, v. 16, n. 1, p. 6-21, 2002.
- BIRD, A. Perceptions of epigenetics. **Nature**, Londres, v. 447, p. 396-398, 2007.
- BISSOLI, A. C. F.; SANTOS, G. A. dos; CONDE, S. J. Produção de materiais didáticos para o ensino de genética na implementação da sala de aula invertida. **Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, Araraquara, v. 13, n. esp.1, p. 468-478, 2018.
- BONWELL, C.C.; EISON, J.A. **Active learning: creating excitement in the classroom**. 1 ed. Washington: George Washington University Press, 1991.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF: MEC, 2018.
- BUENO, L. A. *et al.* Epigenetic regulation of the stress response in animals. **Neuroscience & Biobehavioral Reviews**, Amsterdam, v. 36, n. 8, p. 2283-2290, 2012.
- BUENO, J. L. O. *et al.* Epigenetics and learning: consequences for learning and behavior. **Neuroscience and Biobehavioral Reviews**, Amsterdam, v. 98, p. 85-98, 2019a.
- BUENO, O. F. A. *et al.* Epigenética e suas implicações na saúde e no comportamento. **Revista Brasileira de Terapias Cognitivas e Comportamentais**, São Paulo, v. 20, n.2, p. 234-245, 2019b.
- CASTRO, A. P.; SILVEIRA, A. M.; ARAÚJO JR, J. F. A realidade aumentada como recurso na educação: possibilidades e desafios. **Revista da ABENGE**, Florianópolis, v. 3, n. 1, p. 45-52, 2014.

CAVALLI, G.; HEARD, E. Advances in epigenetics link genetics to the environment and disease. **Nature**, Londres, 571, p. 489-499, 2019.

CHAMPAGNE, F. A. Epigenetic influence of social experiences across the lifespan. **Developmental Psychobiology**, Hoboken, v. 55, n. 6, p. 607-621, 2013.

CLARK, J. M.; PAIVIO, A. Dual coding theory and education. **Educational Psychology Review**, New York, v. 3, n. 3, p. 149-210, 1991.

CLAUSEN, J.; KECK, D. D.; HEISEY, W. M. **Experimental studies on the nature of species**. Carnegie Institution of Washington, 1950.

DIAS, E. S.; SILVA, L. A.; FONSECA, J. P. Epigenética na sala de aula: desvendando a regulação gênica sob a influência ambiental. **Revista Brasileira de Ensino de Biologia**, São Paulo, v. 12, p. 18-29, 2020.

DOMINGUEZ, R. *et al.* Epigenetic modifications induced by high-fat diets: mechanisms and potential therapeutic interventions. **Journal of Nutritional Biochemistry**, San Diego, v. 80, p. 108375, 2020.

BBC NEWS BRASIL. **Epigenética: Entender essa nova fronteira na Ciência**. Youtube, 2 ago. 2020. Disponível em: <https://youtu.be/naXBk4mMW6o?si=1BOL8CY-m9maGWKr>. Acesso em: 28 set. 2024.

FITZ-JAMES, M.H., CAVALLI, G. Molecular mechanisms of transgenerational epigenetic inheritance. **Nature Reviews Genetics**, Londres, v. 23, p. 325-341, 2022.

FREITAS, M. F. L; PEREIRA, P. B. Relato de experiência: Epigenética e sua potencialidade para a Educação Científica. *In*: ENCONTRO NACIONAL DAS LICENCIATURAS, 9., 2023, Lajeado-RS. **Anais [...]**Lajeado-RS: Univates, 2023. v. 1.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. 43. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2011.

GIBBS, W. W. Além do DNA. Scientific American Brasil, São Paulo, n. 16, Edição Especial, **Genoma: o código da vida**, p. 44-51, 2007.

HOLUKA, C. et al. Transgenerational impacts of early life adversity: from health determinants, implications to epigenetic consequences. **Neuroscience & Biobehavioral Reviews**, Amsterdã, v. 164, p. 105785, 2024.

JAENISCH, R.; BIRD, A. Epigenetic regulation of gene expression: how the genome integrates intrinsic and environmental signals. **Nature Genetics**, Londres, v. 33, p. 245-254, 2003.

JIRTLE, R. L.; SKINNER, M. K. Environmental epigenomics and disease susceptibility. **Nature Reviews Genetics**, Londres, v. 8, p. 253-262, 2007.

JONES, P. A.; TAKAI, D. The role of DNA methylation in mammalian epigenetics. **Nature Reviews Genetics**, Londres, v. 2, n. 6, p. 396-403, 2001.

KOUZARIDES, T. Chromatin modifications and their function. **Cell**, Cambridge, v. 128, n. 4, p. 693-705, 2007.

LILLIEN, T.; SMITH, J. A.; WILLIAMS, K. D. A utilização de livros *pop-up* na educação ambiental: promovendo uma aprendizagem lúdica e envolvente. **Journal of Environmental Education**, Abingdon, v. 45, n. 3, p. 123-137, 2020.

LOUREIRO, C.; REGATÃO, J. P. Criação e construção de *pop-up*: uma prática pedagógica interdisciplinar entre as Artes Visuais e a Matemática. **Interacções**, Lisboa, v. 15, n. 50, p. 69-91, 2019.

MAAMAR, M. B., NILSSON, E., THORSON, J. L. M., BECK, D., SKINNER, M. K. Transgenerational disease specific epigenetic sperm biomarkers after ancestral exposure to dioxin. **Environmental Research**, San Diego, v. 192, 110279, 2021.

MCGOWAN, P., SASAKI, A., D'ALESSIO, A. et al. Epigenetic regulation of the glucocorticoid receptor in human brain associates with childhood abuse. **Nature Neuroscience**, Londres, v. 12, p.342-348, 2009.

MARTINS, L.C.; KUWAHARA, N. O livro *pop-up* e suas aplicações práticas: uma revisão sistemática. **Contribuciones a Las Ciencias Sociales**, Barcelona, v. 17, n. 8, p. 1-23, 2024.

MEANEY, M. J. Epigenetics and the biological basis of psychosocial stress. **Psychological Medicine**, Cambridge, v. 40, n. 7, p. 1135-1141, 2010 a.

MEANEY, M. J. Epigenetics and the biological definition of gene × environment interactions. **Child Development**, Washington, v. 81, n. 1, p. 41-79, 2010 b.

MEANEY, M. J.; SZYF, M. Maternal care as a model for understanding the environmental regulation of gene expression. **Nature Reviews Neuroscience**, Londres, v. 5, n. 4, p. 308-312, 2004 a.

MEANEY, M. J.; SZYF, M. Nature, nurture, and gene expression. **Nature**, Londres, v. 427, n. 6970, p. 24-25, 2004 b.

NASCIMENTO, M. R. A importância da criação de materiais didáticos pelos alunos no desenvolvimento da criatividade e do pensamento crítico. **Revista de Ensino e Inovação Pedagógica**, Recife, v. 18, n. 4, p. 102-116, 2022.

NOLL, R.P.S.; NOLL, M.; ABREU, L.C.; BARACAT, E.C. SILVEIRA, E.A.; SORPRESO, I.C. Ultra-processed food consumption by Brazilian adolescents in cafeterias and school meals. **Scientific Reports**, Londres, v.9, p. 1-8, 2019.

OLIVEIRA, G. Estudo de Casos. In COSTA, OLIVEIRA e CECY, (Orgs) **Metodologias Ativas: aplicações e vivências em Educação Farmacêutica**. São Paulo. Abenfarbio. 2013.

OLIVEIRA, M. N.; SAMPAIO, T. M. T.; COSTA, E. C. Educação nutricional de pré-escolares – um estudo de caso. Oikos: **Revista Brasileira de Economia Doméstica**, São Paulo, v. 25, n. 1, p. 093-113, 2014.

OGUNJOBI, T. T.; GBAYISOMORE, T.J.; NNEJI, P. O. et al. Environmental epigenetics and its impacts on disease susceptibility: A comprehensive review. **Medinformatics**, Londres, v. 00, p. 1-14, 2024.

O'MALLEY, M.; LEWIS, J.; PULFORD, E. The impact of using three-dimensional models in teaching biology. **Biology Education Research**, Londres, v. 11, n. 3, p. 291-303, 2013.

O'MALLEY, C. *et al.* **MOBlearn WP4: guidelines for learning/teaching/tutoring in a mobile environment**. 2003. Disponível em: <https://www2.le.ac.uk/departments/education/research/projects/mobi-learn> . Acesso em: 19 fev. 2025.

PONTES, A. M. O.; ROLIM, H. J. P.; TAMASIA, G. A. A importância da educação alimentar e nutricional na prevenção da obesidade em escolares. **Saúde em Foco**, Teresina, v. 8, n. 1, 2016.

PROCHAZKA, L. S., & FRANZOLIN, F. A genética humana nos livros didáticos brasileiros e o determinismo genético. **Ciência & Educação**, v. 24, p. 111-124, 2018.

REVISTA FT. Impactos do ambiente no desenvolvimento genético. **Revista de Genética e Educação Ambiental**, São Paulo, v. 27, n. 1, p. 45-58, 2023.

ROCHA, M. P.; PINTO, T. L. Metodologias ativas no ensino de ciências: uma revisão da literatura. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Florianópolis, v. 8, n. 1, p. 1-12, 2015.

SANT, K.E.; ANDERSON, O.S. B-vitamins & one-carbon metabolism: Impacts on the epigenome during development. **Nutritional Epigenomics**, Hoboken, v. 14, p. 319-336, 2019.

SANTOS, U. B. **Engenharia do papel no mercado editorial: Produção de um livro pop-up**. Trabalho de conclusão de curso II: Universidade de São Paulo. 2012.

SANTOS, V. S. **Engenharia do papel no mercado editorial dos livros móveis contemporâneos**. Dissertação (Mestrado em Design) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

SANTOS, A. L.; SILVA, L. M.; COSTA, P. A. A. A importância da criação de materiais didáticos no processo de ensino-aprendizagem. **Revista de Educação e Ensino**, São Paulo, v. 12, n. 2, p. 45-60, 2015.

SAPOLSKY, R. M. Stress and the brain: what can the studies on rodents tell us? **Nature Reviews Neuroscience**, Londres, v. 16, n. 10, p. 706-721, 2015.

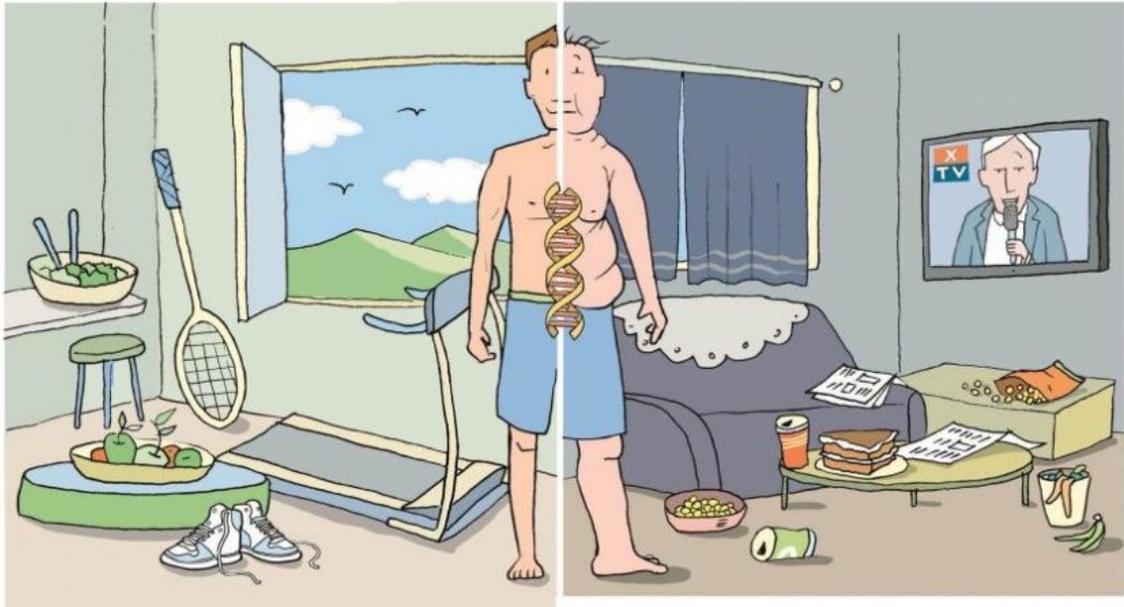
SCHMITZ, B. A. S. et al. A escola promovendo hábitos alimentares saudáveis: uma proposta metodológica de capacitação para educadores e donos de cantina escolar. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 24, p. 312-322, 2008.

SILVA, A. R.; COSTA, J. M.; OLIVEIRA, R. R. Sequências didáticas no ensino de genética: contribuições para a aprendizagem. **Revista Brasileira de Educação Científica**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 45-56, 2016.

- SOUZA, J. F.; PEREIRA, L. S. O uso de materiais tridimensionais no ensino de ciências: uma experiência com livros pop-up. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Pelotas, v. 14, n. 2, p. 123-130, 2021.
- SMITH, A.; JOHNSON, B. *Pop-up* books in biology classrooms: enhancing student engagement and comprehension. **Journal of Educational Resources**, New York, v. 45, n. 3, p. 120-135, 2018.
- STRAHL, B. D.; ALLIS, C. D. The language of covalent histone modifications. **Nature**, Londres, v. 403, n. 6765, p. 41-45, 2000.
- SZYF, M. The role of DNA methylation in the development of mental health disorders. **Journal of Psychiatric Research**, New York, v. 43, n. 2, p. 127-133, 2009.
- TIFFON C. The impact of nutrition and environmental epigenetics on human health and disease. **International Journal of Molecular Sciences**, Basel, v. 19, n. 11, p. 3425, 2018.
- TORRE, S. **Dialogando com a criatividade**. São Paulo: Madras, 2005.
- VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. 6. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1998.
- WAGGONER, D. Mechanisms of disease: epigenesis. **Seminars in Pediatric Neurology**, Philadelphia, v. 14, p. 7-14, 2007.
- WALLER, J. The impact of 3D learning materials on students' understanding of biological concepts. **Educational Psychology Review**, New York, v. 22, n. 3, p. 243-259, 2010.
- WANDERLEY, K. A. et al. **Pra gostar de química: um estudo das motivações e interesses dos alunos da 8ª série do ensino fundamental sobre Química. Resultados Preliminares**. Anais I CNNQ. 2007.
- WICKINGS, R. **Pop-up: Tudo que você precisa para fazer seu próprio livro pop-up**. São Paulo: Girassol, 2012.
- WILSON, A. S.; POWER, B. E.; MOLLOY, P. L. DNA hypomethylation and human diseases. **Biochimica et Biophysica Acta**, Amsterdam, v. 1775, n. 1, p. 138-162, 2007.
- ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 1998.

ANEXO A – CHARGE

Exemplo de charge para apresentar aos alunos na primeira aula da sequência didática:



Fonte: [Estilo de vida e a epigenética](#)

APÊNDICE A – EPIGENÉTICA NA ESCOLA

Páginas do livro autoral *pop-up*:

EPIGENÉTICA NA ESCOLA:

O PODER DO AMBIENTE NA EXPRESSÃO GÊNICA



BIOLOGIA

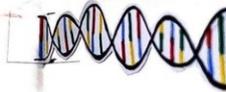
A Biologia é a ciência que estuda a vida em todas as suas formas, desde os menores organismos microscópicos, como bactérias, até os gigantes ecossistemas que cobrem nosso planeta. Ela busca compreender como os seres vivos nascem, crescem, se reproduzem e interagem entre si e com o ambiente.

Ao investigar os processos que sustentam a vida, a Biologia conecta áreas como genética, ecologia, evolução e fisiologia. Ela responde a perguntas importantes: como funciona o corpo humano? Por que algumas espécies desaparecem? O que molda o comportamento dos seres vivos?

Mais do que entender o mundo vivo, a Biologia também nos ajuda a encontrar soluções para problemas, como a cura de doenças, a conservação da natureza e o desenvolvimento de tecnologias que melhoram nossa qualidade de vida. Em resumo, a Biologia é o estudo apaixonante daquilo que nos mantém vivos e conectados ao mundo ao nosso redor.

DNA

O DNA, ou ácido desoxirribonucleico, é uma molécula que carrega as instruções essenciais para a vida. Ele funciona como um "manual de instruções" dentro de quase todas as células dos seres vivos, determinando características físicas, como o corpo dos olhos, e processos biológicos, como o funcionamento do organismo.



O DNA é formado por duas fitas enroladas em uma estrutura chamada de dupla hélice, como uma escada torcida. Seus passos são compostos por quatro "letras químicas" chamadas bases nitrogenadas: adenina (A), timina (T), citosina (C) e guanina (G). Essas bases são combinadas em pares específicos (A com T, C com G) para formar os "códigos" genéticos.

Cada sequência de DNA é como uma frase que dá instruções para construir proteínas, como "ferramentas" que desempenham funções essenciais no corpo, como formar músculos, transportar oxigênio ou combater doenças. O DNA é transmitido de geração em geração, garantindo que as informações genéticas sejam passadas dos pais para os filhos. Ele é o fundamento da vida e a chave para compreender como os seres vivos funcionam e evoluem.

Gene

Um gene é um pedaço do DNA que contém as instruções para produzir algo essencial no corpo: uma proteína ou uma molécula que ajuda no funcionamento do organismo. É como uma receita dentro do "manual de instruções" do DNA.

Os genes determinam características que herdamos, como a cor dos olhos, da pele, o tipo de cabelo ou até a predisposição a certas doenças. Cada gene é formado por uma sequência específica de bases nitrogenadas (como "letras" do DNA), e sua combinação é única para cada ser vivo.

No total, o DNA humano possui cerca de 20.000 genes. Eles são organizados em estruturas de cromossomos, que ficam dentro do núcleo das células. É importante lembrar que, embora os genes forneçam as instruções, o ambiente também pode influenciar como essas instruções são seguidas, e é aí que entra o estudo da epigenética! Assim, os genes são como pequenos programadores, que junto com o ambiente, determinam muito do que somos e como funcionamos.

Os genes se manifestam por meio de um processo chamado expressão gênica, que transforma a informação contida no DNA em proteínas ou moléculas funcionais no organismo. Esse processo ocorre em duas etapas principais:

Tradução : O mRNA é lido pelas "máquinas celulares" chamadas ribossomos, que usam essa informação para produzir proteínas.

Transcrição : O DNA de um gene é copiado para uma molécula chamada RNA mensageiro (mRNA), que atua como uma "mensagem temporária".

As proteínas produzidas são responsáveis por muitas funções no corpo, como construir tecidos, controlar reações químicas e proteger o organismo. No entanto, os genes não trabalham sozinhos. Eles podem ser "ligados" ou "desligados" por fatores internos (como hormônios) ou externos (como alimentação, temperatura ou estresse). Esse controle é o que torna possível a adaptação dos seres vivos ao ambiente.

Portanto, a manifestação dos genes não é fixa; ela depende do ambiente e das necessidades do organismo, o que torna o estudo da epigenética tão fascinante!

EPIGENÉTICA

DNA
LIVRO DE RECEITAS!

A epigenética é o estudo de como o ambiente e outros fatores externos podem influenciar a atividade dos genes sem alterar a sequência do DNA. Pense no DNA como um livro de receitas: todas as instruções estão ali, mas a epigenética decide quais receitas serão usadas, quando e como.

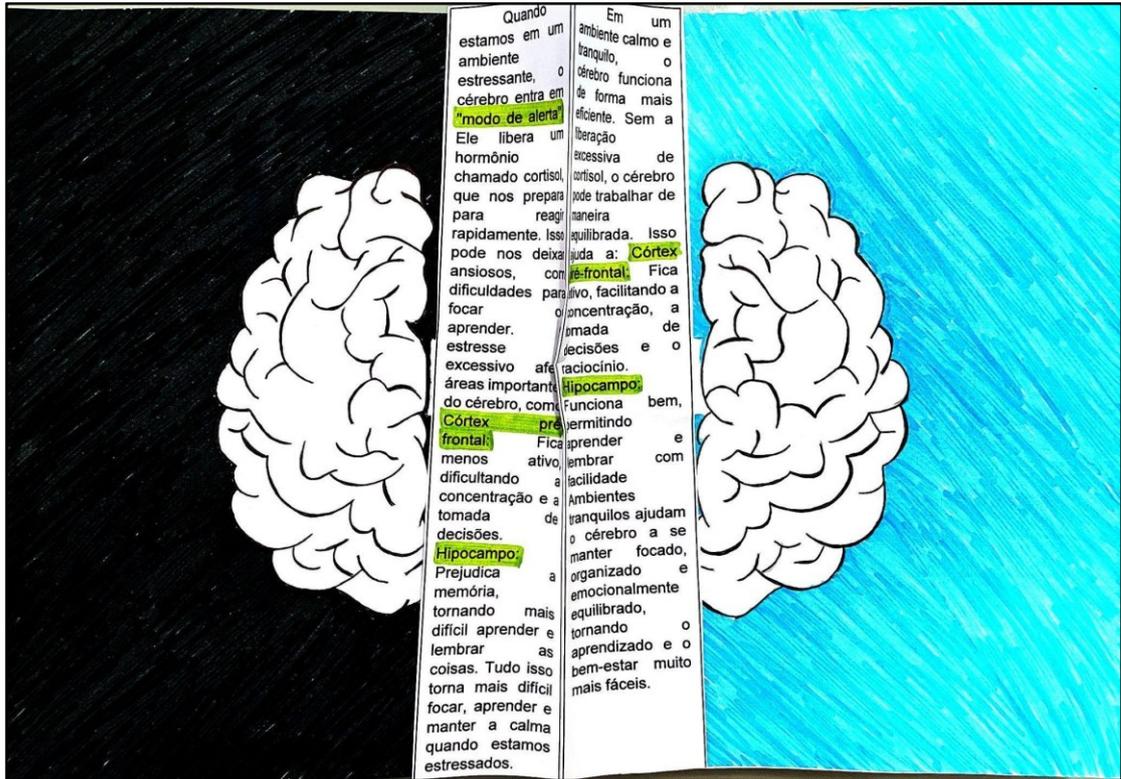
Ela funciona como um interruptor, "ligando" ou "desligando" genes de acordo com as condições do ambiente. Isso acontece por meio de marcas químicas, como:

Esses mecanismos são influenciados por fatores como alimentação, estresse, exposição a poluentes e até o comportamento materno. E, o mais interessante: algumas dessas marcas epigenéticas podem ser passadas para as próximas gerações, mostrando como o ambiente vivido pelos pais pode impactar os filhos.

Puxe grupo de genes

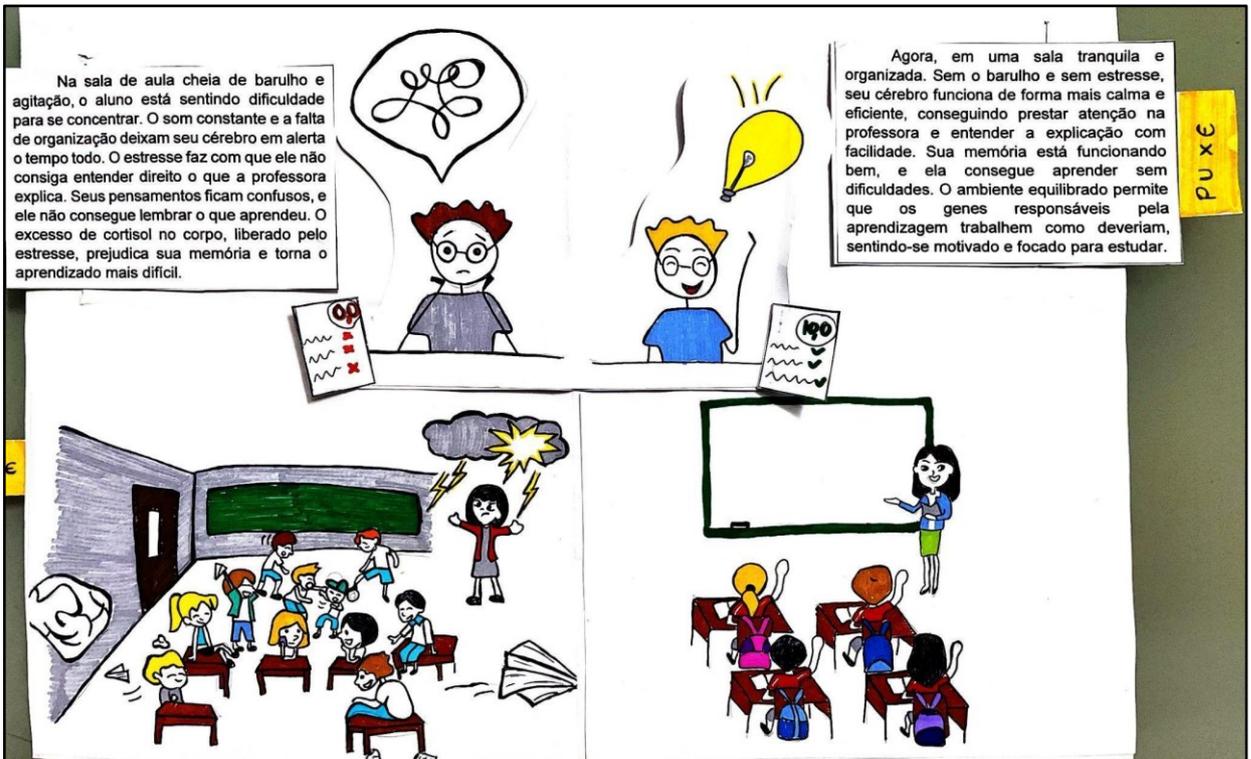
Puxe organ genes

Em resumo, a epigenética explica como o ambiente "dialoga" com o DNA, moldando nossa saúde, desenvolvimento e até comportamento ao longo da vida.



Quando estamos em um ambiente estressante, o cérebro entra em "modo de alerta". Ele libera um hormônio chamado cortisol, que nos prepara para reagir rapidamente. Isso pode nos deixar ansiosos, com dificuldades para focar e aprender. O estresse excessivo afeta áreas importantes do cérebro, como o **Córtex frontal**. Fica menos ativo, dificultando a concentração e a tomada de decisões. O **Hipocampo** prejudica a memória, tornando mais difícil aprender e lembrar as coisas. Tudo isso torna mais difícil focar, aprender e manter a calma quando estamos estressados.

Em um ambiente calmo e tranquilo, o cérebro funciona de forma mais eficiente. Sem a liberação excessiva de cortisol, o cérebro pode trabalhar de maneira equilibrada. Isso ajuda a: **Córtex frontal**. Fica ativo, facilitando a concentração, a tomada de decisões e o raciocínio. O **Hipocampo** funciona bem, permitindo aprender e lembrar com facilidade. Ambientes tranquilos ajudam o cérebro a se manter organizado e emocionalmente equilibrado, tornando o aprendizado e o bem-estar muito mais fáceis.



Na sala de aula cheia de barulho e agitação, o aluno está sentindo dificuldade para se concentrar. O som constante e a falta de organização deixam seu cérebro em alerta o tempo todo. O estresse faz com que ele não consiga entender direito o que a professora explica. Seus pensamentos ficam confusos, e ele não consegue lembrar o que aprendeu. O excesso de cortisol no corpo, liberado pelo estresse, prejudica sua memória e torna o aprendizado mais difícil.

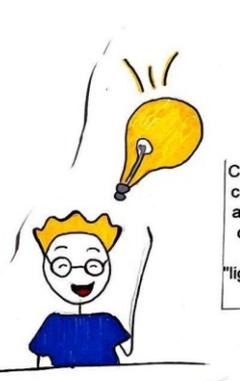
Agora, em uma sala tranquila e organizada. Sem o barulho e sem estresse, seu cérebro funciona de forma mais calma e eficiente, conseguindo prestar atenção na professora e entender a explicação com facilidade. Sua memória está funcionando bem, e ela consegue aprender sem dificuldades. O ambiente equilibrado permite que os genes responsáveis pela aprendizagem trabalhem como deveriam, sentindo-se motivado e focado para estudar.

P U X E

Passar a noite em claro, talvez devido a preocupações ou uso excessivo de telas. Chega à sala de aula exausto, com dificuldade de prestar atenção e de reter informações. Seu cérebro está sobrecarregado, e os genes que deveriam ajudar no aprendizado estão "desligados" devido à privação de sono.



Dormir bem, ter um sono reparador. Chega a sala de aula atento, consegue se concentrar na explicação da professora e assimilar os conteúdos com facilidade. O descanso noturno permite que os genes relacionados ao aprendizado fiquem "ligados", otimizando as conexões internas (neurais).



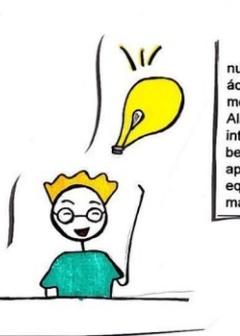




A má alimentação, rica em açúcares, gorduras saturadas e alimentos processados, pode afetar negativamente o cérebro. Esses alimentos podem causar picos de energia seguidos de quedas, o que dificulta a concentração e o foco. Além disso, a falta de nutrientes importantes pode prejudicar o funcionamento do cérebro, afetando a memória, a tomada de decisões e a capacidade de aprender. A má alimentação também pode aumentar o risco de estresse e desequilíbrio hormonal, o que pode prejudicar ainda mais o desempenho acadêmico.

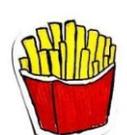


A boa alimentação fornece ao cérebro os nutrientes essenciais, como vitaminas, minerais e ácidos graxos, que são fundamentais para a memória, concentração e funções cognitivas. Alimentos saudáveis, como frutas, vegetais, grãos integrais e proteínas, ajudam a manter o cérebro bem alimentado, o que melhora a capacidade de aprendizado, foco e memória. Uma alimentação equilibrada também regula os níveis de energia, mantendo o cérebro ativo e pronto para aprender.





















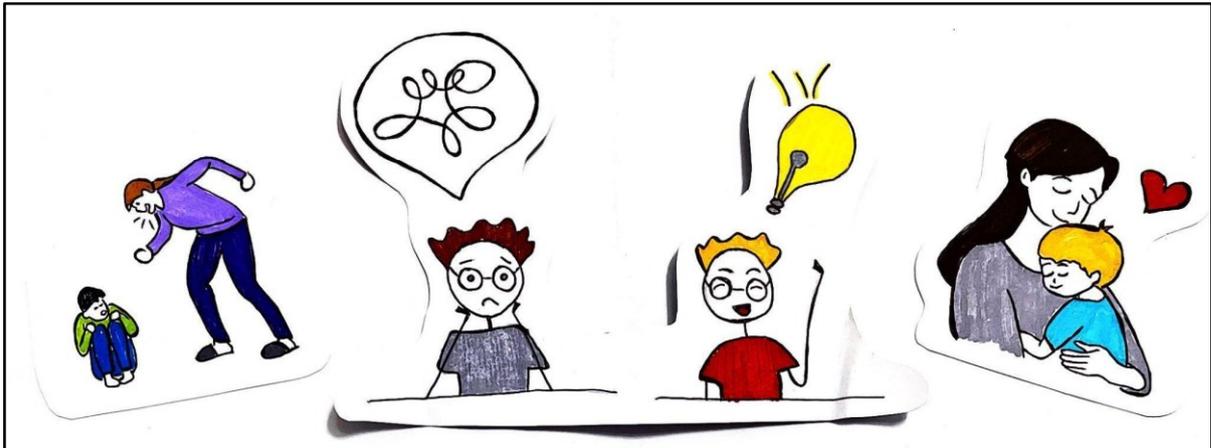






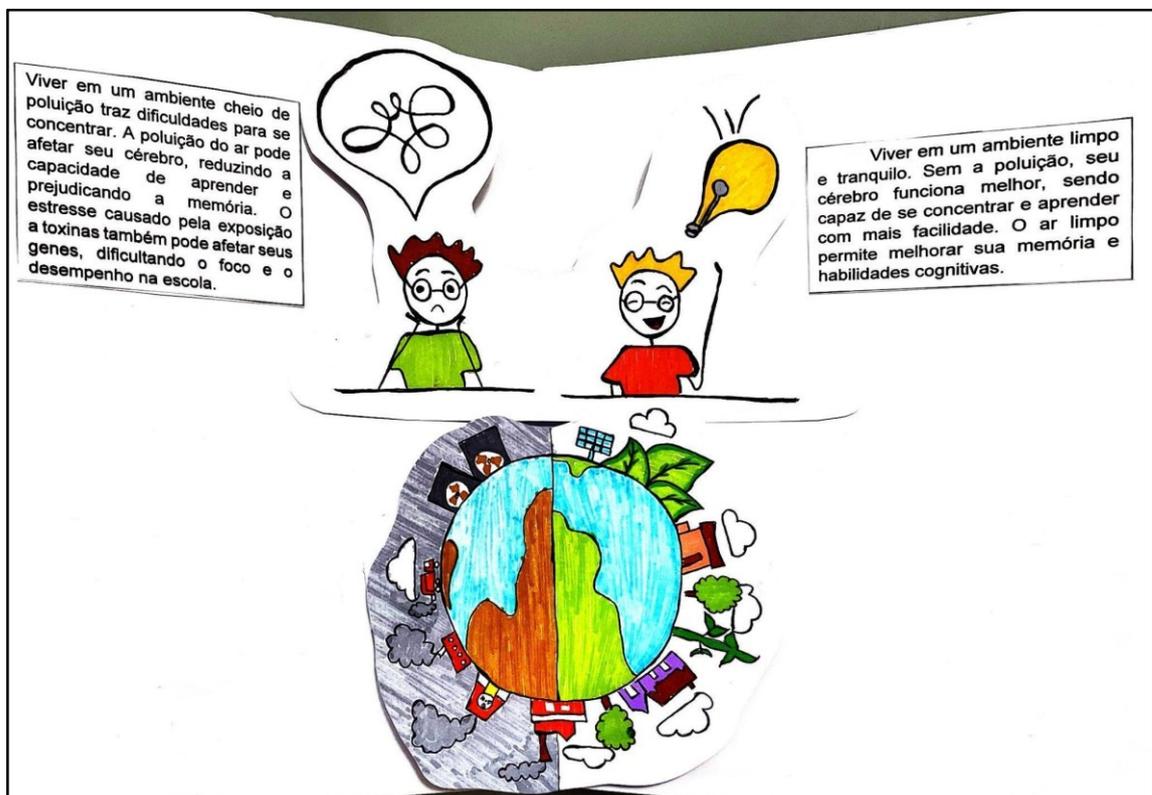






Crescer sem o apoio emocional de sua mãe traz insegurança. A falta de cuidado afeta seu cérebro, dificultando a concentração e o aprendizado. O estresse constante pode ativar genes que prejudicam a memória e a capacidade de aprender, tornando tudo mais difícil.

Crescer com carinho e apoio constante de sua mãe fortalece seu cérebro, ajudando a aprender com mais facilidade e a lidar melhor com os desafios. O amor e a atenção materna ativam genes que promovem a saúde emocional e o aprendizado, tornando-a mais focada e confiante.



Viver em um ambiente cheio de poluição traz dificuldades para se concentrar. A poluição do ar pode afetar seu cérebro, reduzindo a capacidade de aprender e prejudicando a memória. O estresse causado pela exposição a toxinas também pode afetar seus genes, dificultando o foco e o desempenho na escola.

Viver em um ambiente limpo e tranquilo. Sem a poluição, seu cérebro funciona melhor, sendo capaz de se concentrar e aprender com mais facilidade. O ar limpo permite melhorar sua memória e habilidades cognitivas.

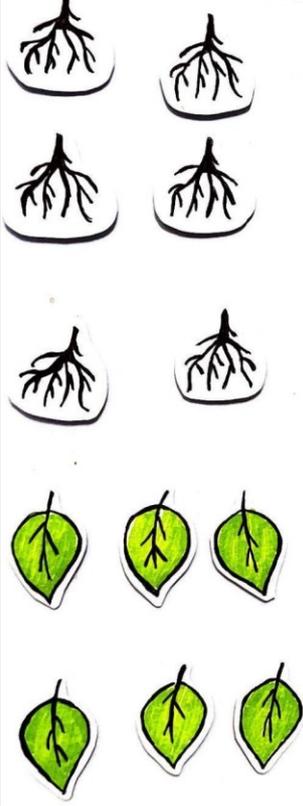
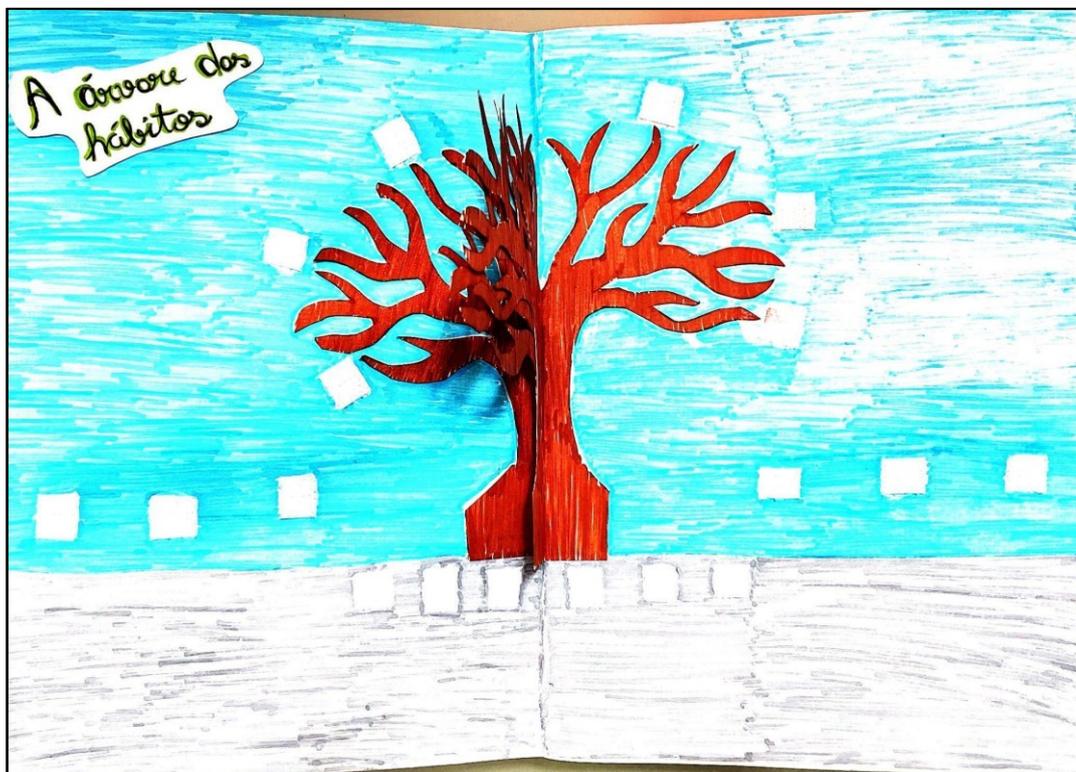
DINÂMICA DA ÁRVORE:

hábitos saudáveis e más saudáveis

Passo 1: Colocando as raízes:
Cada raiz que você colocar na árvore representa um hábito saudável que você tem, como dormir bem, se alimentar de forma equilibrada, praticar atividades físicas ou manter um ambiente calmo. Essas raízes fortalecem a árvore, fazendo-a crescer forte e saudável. Quanto mais raízes saudáveis, mais a árvore cresce!

Passo 2: Colocando as folhas:
As folhas representam os benefícios que você colhe ao cuidar bem da sua árvore. Cada folha que você colocar representa algo positivo que vem dos seus hábitos saudáveis, como melhorar a concentração, aprender melhor e se sentir mais feliz.

Passo 3: Colocando as folhas secas:
As folhas secas representam os hábitos não saudáveis, como não dormir direito, comer mal ou viver em ambientes estressantes. Essas folhas secas fazem com que a árvore perca força e saúde, impedindo seu crescimento. Cada folha seca simboliza um hábito que pode prejudicar seu bem-estar e aprendizado.

Assim como uma árvore precisa de raízes fortes e saudáveis para crescer e florescer, nosso aprendizado e bem-estar também dependem dos hábitos que cultivamos. Ao adotar hábitos saudáveis, como cuidar do corpo, da mente e do ambiente ao nosso redor, você fortalece suas "raízes" e permite que sua "árvore" do aprendizado cresça forte, cheia de folhas verdes e brilhantes.

Lembre-se: cada escolha que você faz pode nutrir ou enfraquecer suas raízes. Quando você cuida de si mesmo, o aprendizado se torna mais fácil e o crescimento mais sólido. Então, continue cuidando de sua árvore e veja-a florescer, pois o poder do ambiente e dos seus hábitos está em suas mãos!