

## DO DNA ÀS PROTEÍNAS: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE CONCEITOS BÁSICOS DE BIOLOGIA MOLECULAR

Geovana Siqueira Garcia<sup>1</sup>

 ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9945-9329>

Amanda Focosi Sarmiento<sup>2</sup>

 ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8035-1924>

Rosemary Rodrigues de Oliveira<sup>3</sup>

 ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1349-659X>

### RESUMO

Os documentos oficiais alertam para a necessidade de se compreender os mecanismos de codificação genética, envolvendo os níveis submicroscópicos da Biologia, para se entender minimamente a complexidade da vida, os mecanismos de hereditariedade e a biotecnologia contemporânea. Isento desses conhecimentos, o aluno não é capaz de compreender e se posicionar a respeito de testes que envolvam análise de DNA e clonagem, por exemplo, temas cada vez mais recorrentes em seu cotidiano. Entretanto, a literatura revela que os estudantes possuem dificuldades em compreender os conceitos fundamentais de genética necessários para o entendimento da biologia molecular e da biotecnologia. Estas dificuldades advêm de um ensino descontextualizado e fragmentado, que desconsidera tanto as concepções prévias dos estudantes como as suas dificuldades de abstração, além de ignorar a história de construção do conhecimento científico. O presente trabalho se configura em um relato de experiência. Com a intenção de diminuir o distanciamento entre o conteúdo estudado sobre genética e a realidade vivenciada fora da sala de aula, de modo a auxiliar os estudantes a estabelecerem relações que permitam interpretar os fatos do cotidiano, foi desenvolvida, a partir dos resultados de um questionário de conhecimentos prévios, sequência de ensino junto a uma turma de 30 estudantes do 2º ano do Ensino Médio de uma Escola Estadual de período integral de uma cidade do interior paulista. A sequência priorizou como um todo um ensino reflexivo, voltado à compreensão e à formação integral do indivíduo, isto é, que extrapole a memorização de conceitos e fatos.

**Palavras-chave:** Ensino de genética; Processos de ensino; Prática pedagógica.

## FROM DNA TO PROTEINS: A TEACHING SEQUENCE FOR TEACHING BASIC CONCEPTS OF MOLECULAR BIOLOGY

### ABSTRACT

Official documents warn of the need to understand the mechanisms of genetic coding, involving the submicroscopic levels of Biology, in order to minimally understand the complexity of life, the

<sup>1</sup> Licenciada e bacharela em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (FCAV/ UNESP). Mestre e Biociências (UNESP/ IBILCE) e Doutoranda em Biociências (UNESP/ IBILCE - Campus de São José do Rio Preto. São José do Rio Preto, São Paulo, Brasil. E-mail: [geovanagarcia\\_94@hotmail.com](mailto:geovanagarcia_94@hotmail.com).

<sup>2</sup> Licenciada e bacharela em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (FCAV/UNESP). Graduada em Pedagogia pela Universidade de São Paulo (USP, Ribeirão Preto), Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil. E-mail: [amanda.focosi@yahoo.com.br](mailto:amanda.focosi@yahoo.com.br).

<sup>3</sup> Licenciada em Ciências Biológicas, Mestra e Doutora em Educação para a Ciência (FC/UNESP). Professora Assistente Doutora junto ao Departamento de Economia, Administração e Educação (FCAV/UNESP), e do Programa de Pós Graduação Interunidades em Ensino e Processos Formativos (UNESP Ilha Solteira/São José do Rio Preto/Jaboticabal), Jaboticabal, São Paulo, Brasil. E-mail: [rosemary.oliveira@unesp.br](mailto:rosemary.oliveira@unesp.br).

mechanisms of heredity and contemporary biotechnology. Exempt from this knowledge, the student is not able to understand and take a position on tests involving DNA analysis and cloning, for example, themes that are increasingly recurrent in their daily lives. However, the literature reveals that students have difficulties in understanding the fundamental concepts of genetics necessary for understanding molecular biology and biotechnology. These difficulties come from a decontextualized and fragmented teaching, which disregards both the students' previous conceptions and their difficulties of abstraction, in addition to ignoring the history of construction of scientific knowledge. The present work is an experience report. With the intention of reducing the gap between the content studied on genetics and the reality experienced outside the classroom, in order to help students establish relationships that allow them to interpret everyday facts, it was developed based on the results of a questionnaire previous knowledge, teaching sequence with a group of 30 2nd year high school students from a full-time State School in a city in the interior of São Paulo. The sequence gave priority to reflective teaching as a whole, geared to the understanding and integral formation of the individual, that is, that goes beyond the memorization of concepts and facts.

**Keywords:** Genetics teaching; Processes teaching; Pedagogical practice.

## **DEL ADN A LAS PROTEÍNAS: UNA SECUENCIA DIDÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA DE LOS CONCEPTOS BÁSICOS DE LA BIOLOGÍA MOLECULAR**

### **RESUMEN**

Documentos oficiales advierten de la necesidad de comprender los mecanismos de codificación genética, involucrando los niveles submicroscopicos de la Biología, para comprender mínimamente la complejidad de la vida, los mecanismos de la herencia y la biotecnología contemporánea. Exento de este conocimiento, el alumno no es capaz de comprender y posicionarse sobre pruebas que involucran análisis de ADN y clonación, por ejemplo, temas que son cada vez más recurrentes en su vida diaria. Sin embargo, la literatura revela que los estudiantes tienen dificultades para comprender los conceptos fundamentales de la genética necesarios para comprender la biología molecular y la biotecnología. Estas dificultades provienen de una enseñanza descontextualizada y fragmentada, que desconoce tanto las concepciones previas de los estudiantes como sus dificultades de abstracción, además de desconocer la historia de la construcción del conocimiento científico. El presente trabajo es un relato de experiencia. Con la intención de reducir la brecha entre los contenidos estudiados en genética y la realidad vivida fuera del aula, con el fin de ayudar a los estudiantes a establecer relaciones que les permitan interpretar hechos cotidianos, se desarrolló a partir de los resultados de un cuestionario. conocimientos previos, secuencia docente con un grupo de 30 estudiantes de segundo año de secundaria de una Escuela Pública de tiempo completo en una ciudad del interior de São Paulo. La secuencia dio prioridad a la enseñanza reflexiva en su conjunto, orientada a la comprensión y formación integral del individuo, es decir, que va más allá de la memorización de conceptos y hechos.

**Palabras clave:** Enseñanza de genética; Procesos de enseñanza; Práctica pedagógica.

### **O PLURALISMO DE ESTRATÉGIAS COMO POSSIBILIDADE DE MINIMIZAR AS DIFICULDADES DE ENSINO E APRENDIZAGEM DE GENÉTICA**

Partindo-se do princípio de que não há apenas uma estratégia de ensino capaz de conduzir todos os alunos à aprendizagem, visto que os sujeitos são diferentes e há inúmeras variáveis que interferem no processo de ensino e de aprendizagem, recorrer a um pluralismo de estratégias e de recursos pedagógicos conduzidos por objetivos bem delimitados pode oportunizar a construção do conhecimento (KRASILCHIK, 2008). Nessa perspectiva, diversificar atividades e recursos didáticos

contribui para motivar os estudantes, possibilitando atender a distintas necessidades e interesses, entendendo-se que “[...] quanto mais variado e rico for o meio intelectual, metodológico ou didático fornecido pelo professor, maiores condições ele terá de desenvolver uma aprendizagem significativa da maioria de seus alunos” (LABURÚ, ARRUDA, NARDI, 2003, p. 258).

Dentre as formas de amenizar a dificuldade de abstração dos alunos, tem-se apresentado, com frequência pelas pesquisas, o trabalho com modelos, que pretende tornar o ensino, no âmbito molecular, mais “palpável”. É importante salientar, no entanto, que o modo como esse trabalho se desenvolve é crucial para sua eficiência, não devendo ser pautado em uma mera apresentação ou em uma construção mecânica, mas, sim, em um processo dialógico e reflexivo, por meio do qual o aluno tenha um papel ativo.

A sequência didática, aqui descrita, objetivou proporcionar uma aprendizagem significativa que permitisse aos estudantes atuarem ativamente no processo ensino-aprendizagem através da compreensão da composição e da estrutura do Ácido Desoxirribonucleico (DNA), bem como do seu dogma central, relacionando seus aspectos moleculares à função que o código genético desempenha nos seres vivos.

Desse modo, busca-se, durante a sequência de aulas, desmistificar ideias inadequadas associadas à estrutura do DNA, apresentadas pelos estudantes e pelos materiais didáticos, estabelecendo relação entre a representação do real e a realidade. Destaca-se que durante as atividades foram tomados cuidados associados a transposição didática dos conteúdos (CARVALHO, 2009), visto que a ludicidade atrelada ao ensino com modelos pode acabar por gerar expectativas inadequadas e compreensões errôneas nos alunos.

Com os objetivos de diminuir o distanciamento entre o conteúdo estudado sobre genética e a realidade vivenciada pelos estudantes fora da sala de aula, de modo a auxiliar os alunos a estabelecerem relações que permitam interpretar os fatos do cotidiano, foram utilizadas as seguintes modalidades didáticas e/ou recursos: (i) aula expositiva dialogada, (ii) problematização e discussão, (iii) modelos didáticos e modelização, (iv) analogias e comparações, (v) experimentação, (vi) uso de imagens, (vii) uso de charge, (viii) vídeos, (ix) trabalho em grupo e (x) jogos. A discussão da prática docente e o relato da experiência em tela podem orientar professores e alunos quanto ao desenvolvimento da temática em sala de aulas.

## CONTEXTO E SUJEITOS

O planejamento, a aplicação e a avaliação dessa sequência de nove aulas foram parte dos critérios avaliativos de uma disciplina do curso de Licenciatura em

Ciências Biológicas, de uma Universidade do estado de São Paulo, sob a supervisão da professora responsável pelas disciplinas de “Metodologia de Ensino de Ciências” e “Biologia”. Esta sequência foi desenvolvida e aplicada por duas licenciandas em uma turma do 2º ano do Ensino Médio de uma escola estadual de período integral do interior paulista, com 30 estudantes, cujas idades variam entre 15 e 18 anos. Vale ressaltar que foram levantados os conhecimentos prévios dos alunos através de um questionário que trazia perguntas relativas a aspectos gerais de genética. A análise desse questionário permitiu às licenciandas conhecer o que aquela turma de estudantes já sabia sobre o tema, apontando suas dificuldades, e norteou o planejamento de uma sequência de nove aulas coerentes com os conhecimentos dos sujeitos.

## **A SEQUÊNCIA DIDÁTICA**

### **Aula 1. Conhecendo o código genético e o DNA**

Inicialmente, foi realizada a leitura de um texto que introduzia, de forma simplificada, alguns aspectos da biologia molecular, explicando a composição do DNA (cf. Anexo 1). Intencionou-se que esse texto atuasse como um “organizador prévio” (CORREIA; GUIMARÃES, 2020).

Ao término da leitura, os estudantes foram questionados quanto à compreensão do texto e quanto ao assunto que tratava, seguido das discussões sobre o código genético. O texto trazia uma analogia, utilizada para auxiliar na compreensão do código: a relação entre os quatro nucleotídeos que compõem o DNA, representados pelas letras das bases nitrogenadas Adenina, Timina, Citosina e Guanina (A, T, C, G) e as letras A, C, O e R (cf. Anexo 1). Assim, através dessa analogia (PERIM, 2020), os estudantes foram estimulados a perceberem que a ordem com que essas últimas letras são organizadas formam diferentes palavras (e.g., *caro*, *cora*, *arco*, etc.), enquanto a ordem dos nucleotídeos do DNA (A, T, C, G) definem características diferentes nos organismos. Dessa forma, indivíduos diferentes possuem diferentes sequências dessas “letras” em trechos de seu DNA.

Visando a compreensão da estrutura e a composição do DNA, fez-se uso de outra analogia: os vagões de um trem com a molécula do DNA. Afinal, ambos são grandes e possuem unidades repetidas: os nucleotídeos (DNA) e os vagões (trem). Seguiu-se com a explicação da representação dos nucleotídeos pelas letras (A, T, C, G), uma vez que possuem bases nitrogenadas diferentes. Com a intenção de que a analogia utilizada fosse eficaz, foi ressaltado que a molécula de DNA, chamada de fita, difere-se do trem por ser composta por duas fitas, e não apenas uma, caso do vagão do trem. Essas fitas são ligadas entre si pelas bases nitrogenadas, que se complementam de maneira não literal: sempre A se ligará com T, e C sempre se ligará com G. A última

analogia utilizada trata da conformação da fita do DNA, que se difere do trem já que é retorcida, em formato de hélice, por isso a estrutura do DNA é chamada de dupla hélice.

Além disso, os estudantes foram questionados durante a aula sobre a localização, o conceito e a conformação do DNA, os cromossomos e os genes e sua relação com o DNA e quanto ao código mostrado pelo texto: que código é esse, a que ele é comparado, do que é composto, entre outros questionamentos que permitiram relacionar o texto com a macromolécula de DNA, seu funcionamento e sua organização, a fim de compreendê-la melhor.

## **Aula 2. DNA: Composição, estrutura, função e a história da sua descoberta**

Para que uma definição da função do DNA fosse construída em conjunto com os estudantes, no início do encontro, foram retomados alguns conceitos importantes vistos na aula anterior. Objetivando auxiliar a conceitualização (VERASZTO *et al.*, 2018), fez-se uso de duas ilustrações que evidenciavam a conformação e a composição da estrutura da molécula de DNA e, também, a diferença entre as bases púricas e pirimídicas. Os alunos foram, então, questionados acerca da importância de se entender essa molécula, suas ligações e do que ela é composta, visando atribuírem funcionalidade ao estudo do DNA.

Em seguida foi trabalhado um texto produzido pelas próprias licenciandas (cf. Anexo 2), sobre a história da descoberta da estrutura do DNA, visto que, na maioria dos livros e dos textos, essa descoberta é atribuída com ênfase a Watson e a Crick, suprimindo todos os outros pesquisadores que atuaram na construção científica. Nesse texto, são apresentados, sinteticamente, momentos importantes da construção desse conhecimento durante muitos anos de estudos, contribuindo para a compreensão da ciência como construção humana, envolvendo aspectos éticos e sociais (ORTIZ; SILVA, 2016). Além disso, visando facilitar a compreensão da história, projetou-se uma apresentação de *slides* que resumia o texto anterior. Optou-se por essa dupla abordagem, em decorrência da grande extensão da história.

Por fim, foram discutidas questões referentes aos fatores que interferiram no progresso da ciência (cf. Anexo 3): o embasamento dos experimentos de Watson e de Crick, a ausência de Rosalind Franklin nos relatos históricos e sua desconsideração por Watson e Crick, a possibilidade de alteração da história e, também, acerca da veracidade imutável da ciência (ORTIZ; SILVA, 2016).

### **Aula 3. Construindo um modelo de DNA**

Nesse encontro, os estudantes já estavam familiarizados com a temática. Contudo, traziam, ainda, concepções prévias sobre o DNA, evidenciadas na atividade de levantamento de conhecimentos prévios. Com a intenção de possibilitar aos alunos que eles mesmos enxergassem e, possivelmente, entrassem em conflito com essas concepções, foi pedido aos estudantes que se dividissem em grupos de quatro ou de cinco pessoas. Em seguida, foi entregue para cada um dos grupos um pedaço de isopor, balas de goma em formato de feijão, *tubes* (que são doces de goma em formas de tubos finos e compridos) e palitos de dente.

Seguiu-se a explicação de que naquela aula a turma construiria um modelo da molécula de DNA utilizando os materiais entregues e que, ao final da aula, os alunos deveriam escrever a sequência de bases construída em um pedaço de papel sulfite presa ao isopor, bem como a legenda para identificação dos componentes da molécula e o nome dos integrantes do grupo. Não houve dicas ou instruções de “como fazer”, de forma a deixar os alunos livres para construir seus próprios modelos. É importante destacar que a construção de um modelo da estrutura do DNA, possibilitaria as licenciandas identificar se ocorreu apreensão dos conceitos básicos pelos alunos e, se sim, como esta se configurava na estrutura cognitiva dos mesmos (DUSO *et al.*, 2013).

Durante toda a atividade, os alunos foram supervisionados pelas licenciandas e eventuais dúvidas foram sanadas, respeitando, sempre, o raciocínio dos estudantes. Notou-se uma diferença de dificuldades entre os grupos, sendo que alguns precisaram de mais orientação que outros. Os estudantes foram incentivados a fotografarem seus modelos para que pudessem complementar, com essas imagens, o texto que produziram em um futuro próximo.

Ao final da aula foi realizada uma discussão sobre cada modelo construído. Alguns alunos explicaram os componentes dos mesmos, enquanto outros grupos preferiram que as licenciandas fizessem tal apresentação. Os destaques e as limitações de cada modelo foram discutidos, frisando-se, também, que os modelos construídos pelos estudantes durante a aula, assim como os modelos apresentados na ciência e no texto do livro utilizado pela turma em sala de aula, são representações do real, e apresentam, portanto, limites (DUSO *et al.*, 2013). A Figura 1 apresenta dois modelos diferentes construídos pelos alunos.

**Figura 1** – Exemplos de modelos elaborados pelos estudantes.



Fonte: Acervo das autoras.

#### **Aula 4. Coletando e observando um DNA humano**

Essa aula foi realizada no laboratório de ciências com os alunos organizados em grupos. Os grupos receberam os materiais que seriam utilizados bem como os roteiros do experimento. Antes que o experimento fosse iniciado, cada estudante recebeu um papel com uma pergunta a ser respondida: “O que você espera ver neste experimento? Escreva suas expectativas”. Após todos terem respondido, as fichas foram recolhidas e o experimento iniciado com a extração do DNA de um membro de cada grupo, através do bochecho.

Copos contendo água e sal foram entregues a cada grupo, devendo um membro dos mesmos bochechar a solução durante 1 minuto. Em seguida, os estudantes despejaram o conteúdo do bochecho em um copo, adicionado detergente e misturado com o bastão de vidro. Posteriormente, foi acrescentado, lentamente, o álcool etílico (corado com azul de metileno). Após 2 minutos, foi possível observar no interior do copo o aglomerado suspenso de muitas moléculas de DNA.

Durante o experimento os alunos foram questionados acerca do porquê da utilização daqueles reagentes, lembrando-se, assim, da composição da membrana plasmática e do núcleo da célula. Após o experimento, distribuiu-se, novamente, um papel contendo outra questão que deveria ser respondida pelos estudantes: “Descreva o que você fez e o que você viu no resultado do experimento. Você observou o que esperava ver? Por quê?”.

Em seguida, o experimento foi discutido com a sala, incluindo questões sobre o aglomerado de moléculas de DNA resultante e a grande diferença desse aglomerado em relação aos modelos observados nos livros didáticos e aos modelos construídos pelos estudantes na aula anterior. Os questionamentos postos se referiam à expectativa dos alunos quanto ao experimento e, se o aglomerado de moléculas de DNA era tão diferente do modelo construído na aula anterior, o porquê de existirem esses modelos, qual sua importância para a ciência e como os cientistas chegam até eles.

Objetivando averiguar a compreensão do tema pelos estudantes, ao final da aula foi solicitado como tarefa de casa que escrevessem um texto dissertativo sobre essa aula e a anterior, evidenciando, no texto, suas expectativas durante as atividades desenvolvidas (se foram alcançadas ou não, e o porquê). Solicitou-se, aos alunos, que desenvolvessem, no texto, as ideias relacionadas à diferença existente entre modelos representativos e a realidade, observada a olho nu.

### **Aula 5. Duplicação do DNA**

Buscou-se, nessa aula, que os alunos, inicialmente, relacionassem a estrutura do DNA com o seu processo de duplicação. Para isso, eles foram questionados sobre a divisão celular e como acreditavam que ocorria a multiplicação do material genético. Em seguida, os alunos foram indagados sobre qual a importância da molécula de DNA ser em dupla fita e, a partir das respostas, foram estimulados a entenderem que é para permitir sua autoduplicação, mantendo a informação genética na célula mãe e passando para a célula filha. Tais questões foram importantes para que os estudantes pudessem entender a importância e, conseqüentemente, dar maior significância e funcionalidade ao conteúdo.

Seguiu-se a explicação do processo de duplicação com o auxílio de uma ilustração (cf. Anexo 4), bem como de dois vídeos<sup>4</sup>. Durante os vídeos, foram enfatizados os nomes das enzimas que atuam no processo: helicase (separa as duas fitas do DNA) e DNA polimerase (une a fita formada com a fita original). Frisou-se, também, que o processo de duplicação do DNA ocorre somente e sempre que uma célula se divide. Para que pudessem por em prática tal processo de duplicação, pediu-se que “realizassem” a duplicação de um fragmento hipotético de DNA escrito na lousa.

Ficou evidente a dificuldade dos estudantes em entender, em interpretar, em relacionar, em analisar e em discutir o conhecimento trabalhado durante essa aula. Talvez, isso tenha se dado devido ao fato de ser necessário raciocínio complexo para compreensão desses conteúdos que são muito abstratos (MOURA *et al.*, 2013; PERIM, 2020). A dificuldade de compreensão da duplicação do DNA, nesse encontro, ocasionou interpretação incompleta do fenômeno, inviabilizando atitudes reflexivas, tais como correlacionar, analisar e discutir os processos para seu devido entendimento, talvez pelo fato de o conteúdo abordado não ter sido significativo para os sujeitos.

Para Ausubel (1980), aprender, significativamente, implica em o aluno ser capaz de relacionar novos conteúdos à conceitos já existentes em sua estrutura cognitiva de modo a ampliá-los e a reconfigurá-los. De acordo com autor, além da disposição do

---

<sup>4</sup> Os vídeos utilizados estão disponíveis no YouTube. Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=GdaSIVHIZkl> e em [https://www.youtube.com/watch?v=nTnkazQ\\_keE](https://www.youtube.com/watch?v=nTnkazQ_keE). Acesso em 8 jun 2020.

estudante em aprender de modo significativo (relacionar o material de maneira não arbitrária e não literal), o conteúdo a ser ensinado deve ser potencialmente significativo para o estudante. Frente a essa situação, foi planejada uma segunda aula, mais concreta e problematizadora, para a abordagem desse conteúdo.

### **Aula 6. Dinâmica da duplicação do DNA**

A aula foi idealizada como um modo de tornar concreto o conteúdo da aula anterior, visto que a literatura em ensino de genética revela que a dificuldade de abstração é um dos maiores empecilhos na compreensão dos conteúdos associados à biologia molecular (MOURA *et al.*, 2013; PERIM, 2020). De forma de dinâmica, a atividade foi desenvolvida no pátio da escola. Inicialmente, foram distribuídos aos alunos coletes de identificação das bases nitrogenadas e das enzimas que participam do processo de duplicação do DNA (cf. Anexo 5). Para começar a dinâmica, foi pedido para que os estudantes formassem uma das fitas do DNA, seguida da formação da outra fita. A ligação entre as duas fitas foi feita por um aluno identificado como a enzima DNA polimerase, que “conectava” as ligações químicas entre as bases complementares, ou seja, unia os “braços” dos coletes através de velcros presentes em cada “braço”. Toda a dinâmica foi problematizada na medida em que ocorria. Os estudantes foram questionados quanto aos passos a serem desenvolvidos, sobre as enzimas que atuariam no processo e a complementariedade das bases nitrogenadas.

Após ser formada a dupla fita do DNA, seguiu-se a separação dessa por um aluno identificado como a enzima helicase, que desfazia as ligações químicas entre as bases nitrogenadas, separando os “braços” dos coletes ao desconectar os velcros. A consequente formação das duas novas fitas pareadas com as fitas originais, atuando outros dois estudantes, que representaram a enzima DNA polimerase, e formando, ao final, duas moléculas de DNA.

Ao final da aula, os estudantes conseguiram observar, em linhas gerais, o processo de formação de duas moléculas de DNA representadas pelos alunos, originadas da primeira molécula construída. Enquanto a aula 5 configurou-se como um processo de aprendizagem mecânica (AUSUBEL, 1980) da duplicação do DNA, a aula 6 constituiu-se em um espaço de problematização desse processo de duplicação e, conseqüentemente, mais significativa para os estudantes.

### **Aula 7. Transcrição do DNA**

Para dar início a explicação da transcrição do DNA em RNA, foi perguntado à turma sobre a necessidade de haver algo que “leia” a informação em código que o DNA armazena. Assim, comparou-se a organela ribossomo a um leitor, que faz a leitura

da molécula de DNA. Seguiu-se a explicação de que, embora todas as células possuam o mesmo material genético, de acordo com o tipo de célula, apenas alguns “trechos” que estão ativos serão transcritos e traduzidos pelo ribossomo: os genes. A informação, então, deverá ser carregada. Para isso, é necessário passar a informação para uma fita única (RNA). Para facilitar a compreensão desse processo, foram mostradas à turma duas imagens representativas das moléculas de DNA e de RNA. Em seguida, pediu-se que os estudantes identificassem as diferenças entre ambas. A partir dos aspectos químicos, foi entendida a importância de a informação ser passada para RNA (molécula mais flexível, instável, sai “facilmente” do núcleo e interage melhor com o ribossomo). Após essa discussão, iniciou-se a explicação da transcrição do DNA, ou seja, a transcrição da informação contida nos genes.

Essa aula teve como aspecto importante enfatizar aos alunos que apenas os genes são transcritos para serem expressos nas células e não todo o material genético, atuando apenas como um repositório de informações. Muitas vezes, esse conteúdo é trabalhado no Ensino Médio, de modo mecânico, pouco motivador, sem propiciar tal visão aos alunos, o que impossibilita aos mesmos o estabelecimento de relação entre os conceitos, propiciando apenas a memorização de conteúdos tornando-os sem significado. Lima e Vasconcelos (2006) ao se referirem às práticas pedagógicas no ensino de biologia destacam um ensino passivo, desprovido de contextualização e reduzido ao livro didático, nas palavras dos autores.

O docente, por falta de autoconfiança, de preparo, ou por comodismo, restringe-se a apresentar aos alunos, com o mínimo de modificações, o material previamente elaborado por autores que são aceitos como autoridades. Apoiado em material planejado por outros e produzido industrialmente, o professor abre mão de sua autonomia e liberdade, tornando-se simplesmente um técnico (LIMA; VASCONCELOS, 2006, p. 10).

Esse tipo de prática leva a fixar o estudante em um dos primeiros estágios da alfabetização biológica (KRASILCHIK, 2001), a alfabetização nominal, em que os estudantes identificam termos mas não os conceituam ou os conceituam de modo ingênuo, e a alfabetização funcional, em que os termos são conhecidos e/ou definidos pelos estudantes por memorização, sem efetiva compreensão do seu significado.

## **Aula 8. Tradução do DNA**

Inicialmente, foi retomado com os alunos o processo de transcrição do DNA e os conceitos relativos à tal processo. Em seguida, explicou-se o processo de tradução do RNA em aminoácidos, auxiliado por imagens e pela tabela do código genético (cf.

Anexo 7), útil na explicação da leitura em trincas, ou seja, que a cada 3 bases um aminoácido é codificado, e pelo vídeo<sup>5</sup>. Após compreenderem que a sequência de DNA codifica uma sequência de aminoácidos, e esses são os componentes de proteínas, pôde-se chegar à seguinte pergunta que ocasionou um conflito cognitivo (OLIVEIRA; SILVA, 2019) na turma: qual o papel das proteínas?

Tomando por base exemplos do cotidiano, como a melanina (proteína presente na pele), buscou-se estabelecer relações entre os genes e a mensagem contida neles; e a consequente produção de proteínas, que vão conferir as características dos seres vivos. Ao final da aula, os alunos foram solicitados a realizarem um exercício de transcrição e tradução de um fragmento de DNA, representado pelas letras das bases nitrogenadas escritas na lousa, utilizando a tabela do código genético.

### **Aula 9. Fechamento: o DNA é o único responsável por nos definir?**

Inicialmente, revisitou-se os conceitos estudados na sequência didática: que o DNA é responsável por definir os seres vivos. Em seguida, foram questionados se acreditavam que o DNA é o único responsável por definir todas as características humanas. Para iniciar a discussão sobre os limites que o DNA possui na definição dos indivíduos, projetou-se uma charge (cf. Anexo 7) que ilustra as bombas presentes no DNA do terrorista Bin Laden. A figura insinua que nossas ações têm origem exclusivamente no DNA, traz uma visão determinista do indivíduo desconsiderando todas as influências ambientais (fatores históricos, econômicos, sociais, etc.). A discussão gerada englobava questões sobre acreditar ou não na mensagem trazida pela charge e o porquê.

Foi discutido que as informações contidas nos genes referem-se às características biológicas, de forma que outras características humanas (como valores, sentimentos, ideias, comportamentos) são resultantes da interação com o ambiente, envolvendo o convívio em sociedade.

Além da charge, foram apresentadas ideias proferidas pelos próprios alunos durante o desenvolvimento da aula 2. Muitas dessas ideias demonstraram atitudes preconceituosas, como julgar uma pessoa quanto a sua conduta a partir de sua aparência. Tais atitudes foram discutidas em busca de um processo reflexivo e não se citou o nome dos estudantes nem o contexto. Assim, trabalhou-se a ideia de que algumas características comportamentais humanas não estão simplesmente nos genes, articulando-se à ideia de que as características físicas também não são parâmetros para deduzir características comportamentais. Ao final da aula, os estudantes

---

<sup>5</sup> Acesso em: 08 jun. 2020. Disponível em: <<http://www.youtube.com/watch?v=6iPsuezOcjA>>

escutaram a canção "Saiba" de Arnaldo Antunes, interpretada por Adriana Calcanhoto<sup>6</sup>, foi entregue a letra da música para que a turma pudesse acompanhá-la enquanto ouvia. A intenção foi de que os sujeitos refletissem individualmente sobre a mesma tendo por base o que foi discutido em aula.

## **A CONTRIBUIÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE CONCEITOS BÁSICOS DE BIOLOGIA MOLECULAR**

Iniciar a sequência didática com um texto que apresentou o DNA de uma forma simples, mas curiosa, capaz de mobilizar os conhecimentos para se estabelecer relações entre esses e as novas informações, foi de extrema importância. A primeira aula instigou os alunos, levando, para a sala de aula, embora de maneira genérica, a importância do DNA para os seres vivos e o seu papel. Com o interesse dos alunos, pode-se ir muito além do que se esperava, pois os próprios sujeitos fizeram muitos questionamentos em busca de entender a organização estrutural do DNA.

A discussão da construção sócio-histórica da ciência vivenciada na segunda aula auxiliou os estudantes a refletirem sobre: o fato de a forma de pensamento de um coletivo de pessoas interferir na aceitação de uma nova ideia que se contrapõe a vigente até então; a importância do trabalho conjunto ou individual de vários cientistas para que Watson e Crick concluíssem seus estudos a respeito da estrutura do DNA; aspectos éticos envolvidos na ciência, no caso, o fato de Rosalind Franklin não ter seu nome como autora na publicação de Watson e Crick, mesmo sendo de autoria dela a fotografia interpretada pelos dois últimos; o papel da mulher na ciência e os preconceitos envolvidos nesse ramo de atuação.

A motivação e o engajamento dos alunos na construção dos modelos com jujubas possibilitaram averiguar o nível de compreensão dos mesmos. Considerando que a estrutura da macromolécula já havia sido estudada a atividade possibilita ao docente responder para si mesmo a seguinte questão: "até que ponto o aluno compreendeu a estrutura e consegue construir um modelo com autonomia?" e, a partir dessa resposta, reorganizar seu trabalho em sala de aula. A discussão dos modelos construídos (que foram diferentes um dos outros) possibilitou levar para a sala de aula a ideia de que o modelo é uma construção humana que auxilia na compreensão de ideias abstratas, mas por se tratar de uma representação, os modelos podem apresentar limitações.

---

<sup>6</sup> Letra disponível em <https://www.letras.mus.br/adriana-calcanhotto/102226/> e vídeo em <https://www.youtube.com/watch?v=HU6XgC4dAU>. Acesso em 8 jun 2020.

Por envolver uma metodologia diferenciada, essa aula teve o potencial de facilitar a aprendizagem de alunos que apresentam dificuldades em compreender o conteúdo através da exposição, na medida em que, a partir do processo de construção, explicação para os colegas e comparação entre os diversos modelos produzidos, os estudantes puderam expressar e reorganizar as ideias e discutir ativamente os destaques e limitações de cada modelo, algo que numa aula expositiva tradicional (LOPES, 1991) não ocorreria. Além disso, em sendo em grupo, um sujeito auxiliou o outro. Atendeu-se, portanto, a diversidade de sujeitos inserindo-os no processo ensino-aprendizagem de modo ativo.

Com a extração do DNA e a sua observação a olho nu, deu-se continuidade ao trabalho realizado na aula anterior: discutir a representação através do uso de um modelo *versus* a realidade a olho nu. Durante a experiência na sala de aula, foi possível notar que os alunos apresentam dificuldades de abstração no que diz respeito à dimensão do nível molecular. Muitos apresentaram em seu relatório expectativas tais como “*observar bolinhas*”, “*ver algo colorido*”, dentre outras ideias. A forma tradicional de ensino dá aos estudantes a ideia de que a imagem do DNA, tal como o modelo da estrutura real, é possível de ser vista ao menos com o uso de um microscópio óptico, por exemplo. Essa e outras ideias equivocadas, resultantes de uma visão sobre o conhecimento e a ciência como absolutos, puderam ser desmistificadas, conscientizando os estudantes acerca da importância dos modelos para se estudar e trabalhar com a molécula. Estes modelos, embora busquem manter como critério de comprovação a observação da realidade, não representam a natureza em si, como ela é (BRASIL, 1999).

A quinta aula contou com vídeos e com questões importantes para a significância do conteúdo, sistematizando-o através de exposição dialogada, estratégia essencial para organização das ideias, e a sexta aula permitiu que o processo de duplicação se tornasse mais concreto aos alunos, que demonstraram uma maior apreensão do mesmo, uma vez que esclareceram dúvidas e ajudaram uns aos outros a desempenharem os passos da dinâmica. O professor, ao observar o quanto os alunos conseguem exercer os passos da duplicação na dinâmica, suas hesitações, avanços e retrocessos poderá identificar as dificuldades de compreensão que cada aluno tem e dispor de pistas sobre o tipo de ajuda que deverá lhes proporcionar. Poderá ter uma dimensão do nível de aprendizagem dos mesmos e replanejar seu processo de ensino para auxiliá-los. Esse processo avaliativo aproxima-se do pressuposto por Zabala (1998). “Devemos levar em conta que o objetivo fundamental da educação é *conhecer para ajudar*” (ZABALA, 1998, p. 2009, grifos no original).

As estratégias utilizadas nos sexto e sétimo encontros, envolvendo analogias, vídeos e exercícios, oportunizou aos alunos a compreensão dos mecanismos pelos quais

o DNA é responsável pelas características dos seres vivos, assemelhando-os ou diferenciando-os, ideia apresentada logo na primeira aula e que norteou grande parte da sequência.

A música apresentada no último encontro, somada às discussões, teve o potencial de auxiliar os alunos a desenvolverem um senso mais crítico quanto ao papel parcialmente limitado do DNA no que diz respeito às características comportamentais humanas, as quais são relacionadas com o ambiente, envolvendo ações de julgamento de valor, permitindo aos estudantes repensarem suas próprias atitudes.

Acredita-se que a sequência priorizou, como um todo, um processo de ensino reflexivo, na medida em que se caracterizou por diminuir o distanciamento entre o conteúdo estudado sobre genética e a realidade vivenciada pelos estudantes fora da sala de aula. As atividades foram organizadas a partir do levantamento do conhecimento prévio dos estudantes. As situações de ensino de problematização e de discussão com o uso do organizador prévio, discussão da construção sócio-histórica da ciência, modelos, prática de laboratório, aulas expositivas envolvendo analogias, vídeos, leituras de imagem, música e exercícios, possibilitaram às licenciandas auxiliarem os alunos a estabelecerem relação entre fatos do cotidiano e a genética.

Destacamos que não foi objetivo desse relato de experiência analisar a evolução conceitual dos indivíduos antes e após a sequência de ensino. Pensamos que esse extenso e detalhado relato pode contribuir para com professores de Ciências e Biologia na medida em que apresenta um processo, uma experiência de ensino, não como uma receita a ser seguida mas como uma possibilidade.

Professores, de posse desse processo descritivo, poderão frente às características únicas de sua(s) turma(s), avaliar quais modificações são necessárias e possíveis para que a sua sequência (a do professor) se pautar por uma visão voltada à compreensão e à formação integral do indivíduo, isto é, que extrapole a simples memorização de conceitos e fatos.

## REFERÊNCIAS

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC/ SEF, 1999.

CARVALHO, G. S. A Transposição Didática e o Ensino da Biologia. In: CALDEIRA, A. M. A.; ARAUJO, E. S. N. N. (org.). **Introdução à Didática da Biologia**. São Paulo: Escrituras Editora, 2009. p. 34-57.

CORREIA, B. G.; GUIMARÃES, C. R. P. Unidade de ensino potencialmente significativa como elemento facilitador da aprendizagem de ciências biológicas no ensino médio. **Scientia Plena**, São Cristóvão, v. 16, n. 7, p. 1-14, 2020. Disponível em <https://www.scientiaplenu.org.br/sp/article/view/5683/2307>. Acesso em 15 jan 2021.

DUSO, L. *et al.* Modelização: uma possibilidade didática no ensino de biologia. **Ens. Pesqui. Educ. Ciênc.**, Belo Horizonte, v. 15, n. 2, p. 29-44, maio/ago 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21172013150203>. Acesso em 7 abr 2021.

KRASILCHIK, M. **Prática de ensino de biologia**. 6. ed. São Paulo: EDUSP, 2008.

KRASILCHIK, M. Ensino de Genética – passado, presente e futuro. ENCONTRO SOBRE TEMAS DE GENÉTICA E MELHORAMENTO, 18º, Piracicaba, 2001. In: **Anai...** Piracicaba: [s.n.], 2001. p. 37-41.

LABURÚ, C. E.; ARRUDA, S. M.; NARDI, R. Pluralismo metodológico no ensino de ciências. **Ciência e Educação**, Bauru, v. 9, n. 2, p. 247-260, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-73132003000200007>. Acesso em 7 abr 2021.

LIMA, K. E. C.; VASCONCELOS, S. D. Análise da metodologia de ensino de ciências nas escolas de rede municipal de Recife. **Ensaio: Avaliação e Políticas em Educação**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 52, p. 397-412, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0104-40362006000300008>. Acesso em 7 abr 2021.

LOPES, A. O. Aula expositiva: superando o tradicional. In: VEIGA, I. P. A (org.). **Técnicas de ensino: por que não?** Campinas: Papirus, 1991. p. 35-48.

MOURA, J. *et al.* Biologia/Genética: O ensino de biologia, com enfoque a genética, das escolas públicas no Brasil – breve relato e reflexão. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**. Londrina, v. 34, n. 2, p. 167-174, jul/dez 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0367.2013v34n2p167>. Acesso em 7 abr 2021.

PERIM, S. C. S. A fábrica como uma grande célula: usando analogias para o ensino de biologia celular. Mestrado Profissional. (Mestre em Ensino de Biologia). Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, 2020.

OLIVEIRA, F. T. M.; SILVA, H. M. Teste de evidência como atividade investigativa sobre "transgenia e técnica de recombinante" para alunos do ensino médio. **Revista Conexão e Ciência**, Formiga, v. 14, n. 3, p. 75-88, 2019. DOI: <https://doi.org/10.24862/cco.v14i3.1028>. Acesso em 7 abr 2021.

ORTIZ, E.; SILVA, M. R. O uso de abordagens da história da ciência no ensino de biologia: uma proposta para trabalhar a participação da cientista Rosalind Franklin na construção do modelo da dupla hélice do DNA. **Investigações em Ensino de Ciências**. v.2, n. 1, p. 106-123, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2016v2n1p106>. Acesso em 7 abr 2021.

VERASZTO, E. V. *et al.* Conceitualização em ciências por cegos congênitos: um estudo com professores e alunos do ensino médio regular. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, Pontevedra [Espanha], v. 17, n. 3, p. 540-563. 2018. Disponível em [http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen17/REEC\\_17\\_3\\_2\\_ex1294.pdf](http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen17/REEC_17_3_2_ex1294.pdf). Acesso em 15 jan 2021.

ZABALA, A. **A prática educativa – como ensinar**. Porto Alegre: Artes Médica, 1998.

## ANEXOS

### Anexo 1

#### DNA, nosso código secreto

Imagine que você pudesse ter nas mãos uma célula e abrir o núcleo dela como se abre um baú. Lá dentro, você encontraria uma sequência de códigos secretos que os cientistas chamam de DNA. Em português, a sigla significa ácido desoxirribonucleico. Mas este é um nome muito complicado. O importante é você saber que o tal código secreto, o DNA, é responsável pelas características físicas de todos os seres vivos e que isso pode render uma história com capítulos muito interessantes! Aceita um convite para conhecermos juntos o DNA?!?

Qual a diferença entre o elefante e a formiga? Ora, que pergunta! São tantas que dá até preguiça de responder. OK! Então, qual a semelhança entre os dois? Alguém poderia dizer que ambos pertencem ao reino animal. A resposta está certa, mas o objetivo aqui é descobrir uma semelhança maior, comum a todos os seres vivos. E aí, alguém se arrisca? Pois bem, a grande semelhança existente, não só entre o elefante e a formiga, mas entre todos os animais e vegetais é o DNA! Este código secreto existente em cada célula -- seja de uma bactéria ou do homem -- é formado sempre pelos mesmos elementos.

Opa! Como pode um código que determina as características físicas de um elefante (uma tromba, quatro patas, duas orelhas enormes etc.) ter os mesmos elementos do código que dá origem a uma pequena formiga ou a uma bactéria ou ainda a um ser humano?! Por mais espantoso que seja, esta é a verdade. O que faz os seres vivos serem diferentes entre si é a forma como os elementos se arrumam para formar o código, ou melhor, o DNA. Para ficar mais fácil a compreensão, vejamos um exemplo com as letras A, C, O e R. Elas podem se organizar, formando a palavra ARCO ou a palavra CARO ou, se uma das letras se repetir, as palavras CARRO e COROA, por exemplo. Observe que todas estas palavras usam as mesmas letras, mas têm significados diferentes. A mesma ideia pode ser aplicada ao DNA. Em todos os seres vivos, este código contém os mesmos elementos, porém arrumados em sequências diferentes. Quem diria que seríamos tão chegados dos elefantes, das formigas, das bactérias...

ZALIS, M. (2002) DNA nosso código secreto. **Ciência Hoje das Crianças**, 122. Disponível em: <http://chc.org.br/edicao/122/>. Acesso em 10/05/2020.

## Anexo 2

### Descoberta da Estrutura do DNA: uma longa história

Quando se fala em descoberta da estrutura da molécula de DNA, os nomes que aparecem com maior destaque como “descobridores”, são de **James Watson** (biólogo norte americano) e **Francis Crick** (físico inglês). Realmente, em abril de 1953, um dos eventos científicos mais importantes do século foi apresentado na revista científica *Nature* por esses dois pesquisadores. Porém, o modelo em dupla hélice é apenas a “ponta” de um iceberg na linha do tempo da história da genética.

Vários fatores podem ter impedido outros pesquisadores avançarem no conhecimento sobre o DNA. Dentre eles se encontram a forma de pensar predominante na época em que viviam. Por exemplo, desde 1869, um fisiólogo e químico orgânico (**Friedrich Miescher**), já teria demonstrado que a cromatina (presente no núcleo das células) não era proteína e poderia ser responsável por características genéticas. Porém, os cientistas da época consideravam como “correto” que o papel de desenvolver características genéticas deveriam ser das proteínas, por serem as moléculas mais complexas já identificadas. Que pena! O trabalho de Miescher passou despercebido.

Mais tarde, na virada do século, as bases nitrogenadas (guanina, citosina, adenina e timina), foram identificadas **por Albrecht Kossel**. Outro pesquisador bioquímico, **Phoebus Aaron Levene** (1869-1940), propôs que o DNA sempre apresentava quantidades iguais das quatro bases, e que teria uma estrutura muito simples. Como poderia uma molécula tão importante ter uma estrutura simples?

Entre os anos de 1930 e 1940, **Caspersson** e outros pesquisadores conseguiram demonstrar que a molécula de DNA era bem maior do que se imaginava até o momento e ainda mais complexa que as proteínas. Somente sob essa consideração pode-se tornar o reconhecimento da molécula de DNA como responsável pela informação genética possível. Em 1944, pesquisas desenvolvidas por vários cientistas, como **Griffith, Avery, MacLeod e MacCarthy**, evidenciaram esse papel do DNA: a transmissão hereditária. Entre os anos de 1945 e 1950, **Chargaff** demonstrou que havia uma constância entre as proporções de bases nitrogenadas do DNA dentro de uma mesma espécie. Assim, avanços foram alcançados, mas sobre a estrutura, ainda não se havia um consenso.

Vamos nos aproximar mais dos acontecimentos que permitiram **Watson e Crick** desvendarem a estrutura da molécula da vida....

Em 1950, em uma conferência em Londres, um pesquisador por nome **Signer** levava consigo uma amostra de extrato de DNA enquanto relatava seus trabalhos. Ele ofereceu à plateia. **Maurice Wilkins** estava lá e logo se interessou pelo assunto, levando

consigo uma amostra, convidou um outro pesquisador por nome **Gosling** para fotografarem as primeiras difrações de raios-X da molécula. Anos mais tarde, Watson se interessou pelo assunto, porém, antes dele começar as suas pesquisas, em 1951, **Rosalind Franklin**, uma especialista em raios-X passou a trabalhar em um laboratório junto com Gosling e Wilkins, que entendiam que ela seria apenas uma assistente deles.

No mesmo ano, **Watson** conheceu **Crick** e iniciaram uma parceria em busca de descobrir a estrutura do DNA. Tomando como base dados de estruturas de proteínas de **Linus Pauling** e dados de difração de raios-X feitos por Gosling e Wilkins, começaram a construir modelos de arames e metal. Construíram um modelo que era formado por três hélices e apresentaram ao trio: **Gosling, Wilkins e Rosalind Franklin**. Porém, Franklin criticou duramente o modelo e a apresentação foi considerada um fiasco. A coisa foi tão feia que Watson e Crick foram orientados a abandonarem as suas ideias a respeito do DNA e retornarem às outras pesquisas que desenvolviam.

Em 1952, **Rosalind Franklin** produziu a difração de raios-X de um DNA que resultou na famosa foto 51. Durante esse tempo, certamente que **Watson e Crick** obtiveram mais informações de pesquisas que eram feitas a todo o tempo. *Porém, em janeiro de 1953, Gosling, sem o conhecimento de **Rosalind Franklin** entregou uma cópia a foto 51 a Wilkins e este a mostrou a Watson.*

Baseados nos pareamentos das bases e fazendo a correta interpretação da foto de **Rosalind Franklin**, Watson e Crick concluíram a estrutura até hoje conhecida e aceita até os dias de hoje, que foi de extrema importância para entender o funcionamento todos os processos que envolvem a transmissão hereditária.

**Watson e Crick** chegaram a convidar **Wilkins** para ter o nome na publicação científica em abril de 1953, mas este se recusou. Porém Wilkins teve sua participação reconhecida pelo comitê do Prêmio Nobel de 1962, juntamente com os outros dois. Não há registros de que o mesmo convite tenha sido feito à **Rosalind Elsie Franklin** (1920 – 1958), que em nenhum momento teve sua contribuição reconhecida.

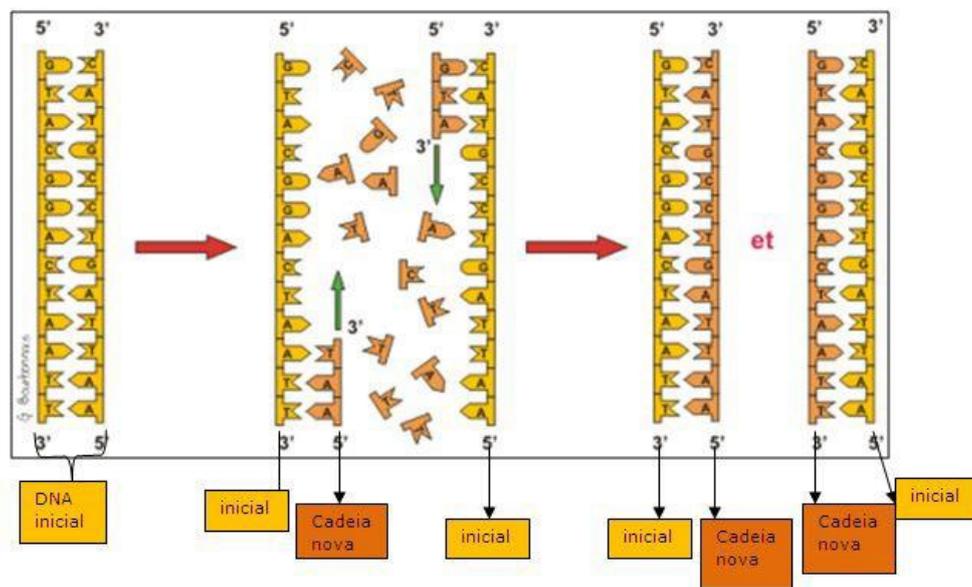
Antes de terminarmos essa longa história, é importante lembrar que cartas reveladas recentemente apontam uma rivalidade entre Rosalind Franklin e Maurice Wilkins, seu chefe de laboratório por volta de 1950. Em um trecho de uma carta em que Wilkins escreve à Crick, ele se refere à Rosalind Franklin, almejando se livrar dela: *“Espero que a fumaça de bruxaria saia logo das nossas vistas”*. Fica aqui mais um fato para se refletir e buscar entender por que a mulher Rosalind Franklin praticamente foi apagada da história do DNA, além de muitos outros pesquisadores. Que longa história, não?

### **Anexo 3**

Questões para discussão:

1. O texto nos conta que o principal impedimento de se considerar o DNA como carregador da informação genética no século XIX, era a forma de pensamento dos pesquisadores. Que outros fatores podem ter interferido a ciência a não ter o avanço que teve no século seguinte?
2. Diferentemente de muitos outros cientistas, o trabalho publicado por Watson e Crick em 1953 não se baseava em nenhum experimento próprio, baseava-se em que? O que eles fizeram para descreverem a estrutura do DNA?
3. Rosalind Franklin foi praticamente apagada da história, embora tenha sido a fotografia dela o principal meio pelo qual Watson e Crick concluíram a estrutura do DNA. Além das intrigas que podiam existir, como o texto nos conta, o que mais pode ter influenciado essa ausência dela nos relatos históricos comumente divulgados?
4. Qual a opinião de vocês quanto à atitude de Watson e Crick utilizarem a fotografia do DNA sem que ela soubesse?
5. Se Wilkins não tivesse passado a fotografia 51 a Watson e Crick, que outro fim essa história poderia ter? Será que Rosalind Franklin descobriria a estrutura da molécula de DNA?
6. A estrutura proposta e modelada por Watson e Crick é até hoje a mais aceita. Será que ela é realmente como propuseram? Pode haver alguma modificação futuramente?

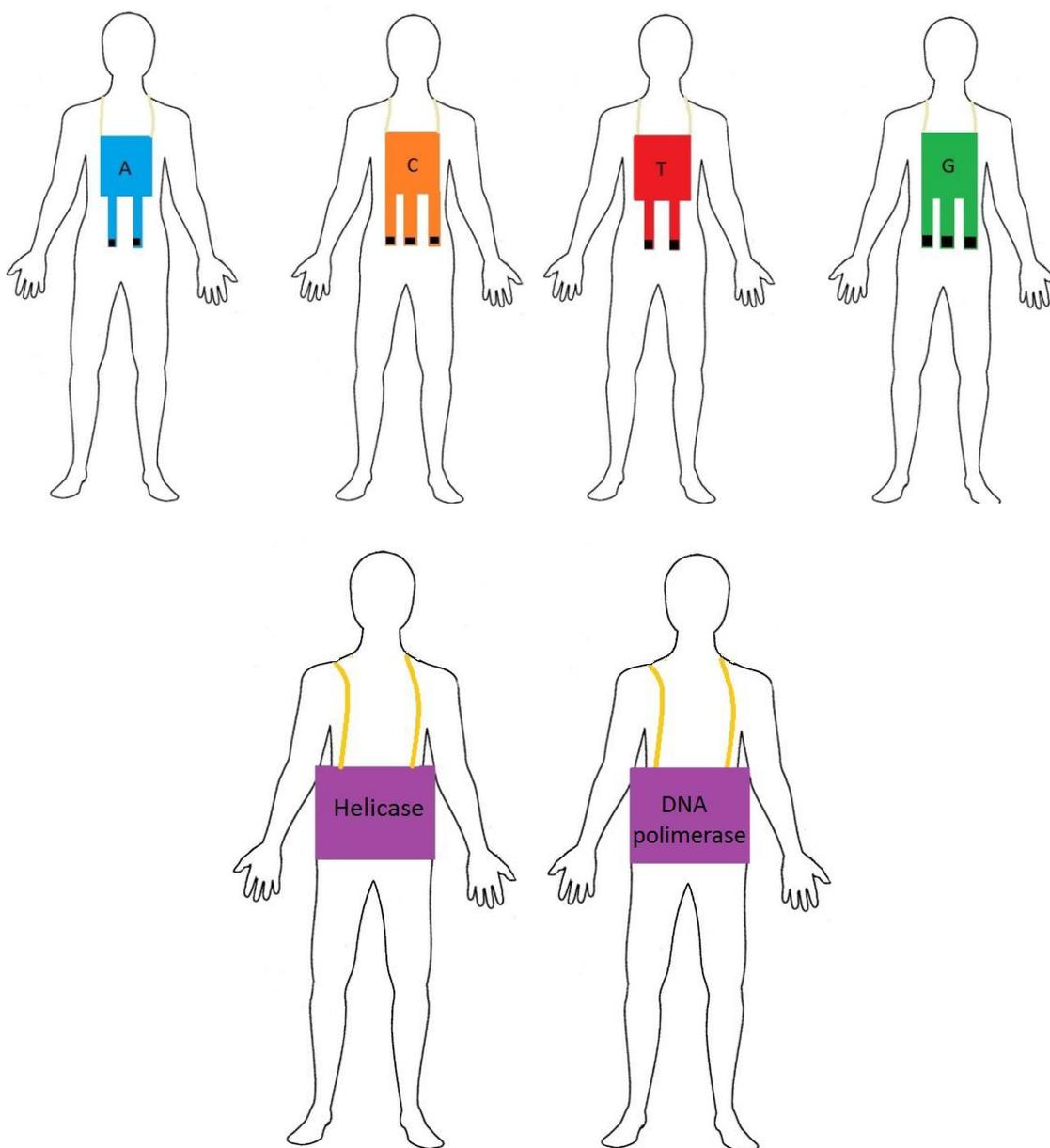
## Anexo 4



**Fonte:** Adaptado da Blog "Ciências e Biologia – Construindo sua aula". Disponível em [http://biologiaantonioberreta.blogspot.com.br/2012/08/2-ensino-medio-acidos-nucleicos\\_20.html](http://biologiaantonioberreta.blogspot.com.br/2012/08/2-ensino-medio-acidos-nucleicos_20.html). Acesso em 8 jun 2020.

## Anexo 5

Modelos dos coletes de identificação das bases nitrogenadas e das enzimas  
(Dinâmica da duplicação do DNA)



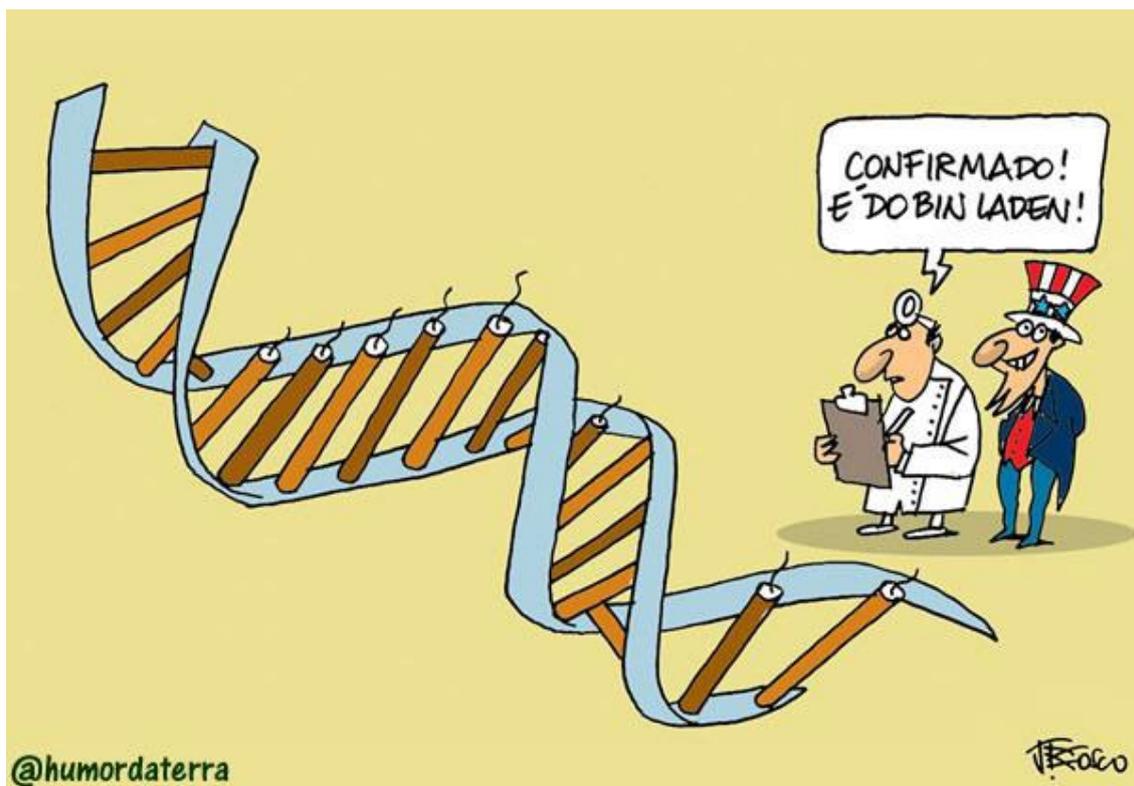
**Fonte:** elaborado pelas autoras.

Anexo 6

		2.ª BASE					
		U	C	A	G		
1.ª BASE	U	UUU } Fenilalanina (Fen) UUC } UUA } Leucina (Leu) UUG }	UCU } UCC } Serina (Ser) UCA } UCG }	UAU } Tirosina (Tir) UAC } UAA } Codão de finalização UAG } Codão de finalização	UGU } Cisteína (Cis) UGC } UGA } Codão de finalização UGG } Triptofano (Trp)	U	C
	C	CUU } CUC } Leucina (Leu) CUA } CUG }	CCU } CCC } Prolina (Pro) CCA } CCG }	CAU } Histidina (His) CAC } CAA } Glutamina (Glu) CAG }	CGU } CGC } Arginina (Arg) CGA } CGG }	C	A
	A	AUU } AUC } Isoleucina (Ile) AUA } AUG } Metionina (Met) codão de iniciação	ACU } ACC } Treonina (Tre) ACA } ACG }	AAU } Asparagina (Asn) AAC } AAA } Lisina (Lis) AAG }	AGU } Serina (Ser) AGC } AGA } Arginina (Arg) AGG }	A	G
	G	GUU } GUC } Valina (Val) GUA } GUG }	GCU } GCC } Alanina (Ala) GCA } GCG }	GAU } Ácido aspártico (Asp) GAC } GAA } Ácido glutâmico (Glu) GAG }	GGU } GGC } Glicina (Gli) GGA } GGG }	G	U

Fonte: Página "Essas e Outras". Disponível em <http://www.essaseoutras.xpg.com.br/tabela-do-codigo-genetico-universal-com-codons-de-mam-aminoacidos/tabela-do-codigo-genetico-universal/>. Acesso em 8 jun 2020.

Anexo 7



Fonte: Página "Humor da Terra". Disponível em <http://www.humordaterra.com/charges/confirmado-esse-dna-e-do/>. Acesso em 8 jun 2020.