

Universidade Federal de Minas Gerais
Instituto de Ciências Biológicas

**A APRENDIZAGEM DA TRANSMISSÃO DA INFORMAÇÃO GENÉTICA COM
BLOCOS DE MONTAR**

RICARDO SILVA

**Belo Horizonte
2020**

RICARDO SILVA

**A APRENDIZAGEM DA TRANSMISSÃO DA INFORMAÇÃO
GENÉTICA COM BLOCOS DE MONTAR**

Trabalho de Conclusão de Mestrado - TCM apresentado ao Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional- PROFBIO, do Instituto de Ciências Biológicas, da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Biologia.

Área de concentração: Ensino de Biologia

Orientadora: Dra. Mônica Bucciarelli Rodriguez

**Belo Horizonte
2020**

043

Silva, Ricardo.

A aprendizagem da transmissão da informação genética com blocos de montar [manuscrito] / Ricardo Silva. - 2020.

69 f. : il. ; 29,5 cm.

Orientadora: Profa. Dra. Mônica Bucciarelli Rodriguez.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Biológicas. PROFBIO - Mestrado Profissional em Ensino de Biologia.

1. Ensino - Biologia. 2. Genética. 3. Aprendizagem Baseada em Problemas. I. Rodriguez, Mônica Bucciarelli. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Biológicas. III. Título.

CDU: 372.857.01

RELATO DO MESTRANDO

Instituição: UFMG
Mestrando: Ricardo Silva
Título do TCM: A aprendizagem da transmissão da informação genética com blocos de montar
Data da defesa: 26/10/2020
<p>O ingresso no PROFBIO foi de suma importância para minha qualificação profissional. Foi nítido o meu desenvolvimento como docente e do aperfeiçoamento da minha prática pedagógica. Cada debate nas aulas, cada trabalho realizado, cada atividade investigativa aplicada nas minhas turmas foram fundamentais para o meu crescimento e influenciaram, de forma muito positiva, o meu modo de enxergar uma sala de aula.</p> <p>A desenvoltura e o empenho dos alunos nas atividades investigativas me fizeram enxergar além, entendi que verdadeiramente é plausível e indispensável diversificar as metodologias para instigar a participação dos alunos, desenvolvendo oportunidades para que a assimilação dos conhecimentos almejados seja de fato alcançada pela maioria dos alunos.</p> <p>No decorrer de todo o caminho de preparação do projeto, aplicação e escrita da dissertação, as “pedras do caminho”, a ansiedade e o receio de não concluir todo esse processo me assombraram, porém a afeição, o convívio e extraordinária orientação que recebi constituíram os motivadores para prosseguir em minha caminhada.</p> <p>As modificações obtidas fizeram de mim alguém mais corajoso para enfrentar os obstáculos habituais das salas de aula, me tiraram da minha zona de conforto e me deram estímulos para ensinar de uma forma distinta e nova que, por decorrência, me levam à uma grande satisfação pelos resultados visivelmente observáveis nos educandos.</p> <p>Sou eternamente grato por ter passado por tudo isso, desde os momentos maravilhosos que foram essa troca de experiências nesses dois anos de convívio com meus colegas, amigos e professores, até momentos angustiantes, como foram às realizações das avaliações e apresentações.</p> <p>Foram momentos de alegrias, cumplicidades, descontrações e conhecimentos, porém também foram momentos de abdições, privações, cansaços pelas viagens de ida e volta e infelizmente também foram momentos de tristeza, como foi a perda do nosso amigo Rodrigo, uma perda irreparável que nos deixou um grande vazio. Ele nunca será esquecido e estará com todos nós, iluminando os nossos caminhos.</p>



Universidade Federal de Minas Gerais
Instituto de Ciências Biológicas

Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional -
PROFBIO

ATA DE DEFESA PÚBLICA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE MESTRADO DE RICARDO SILVA	Defesa No. 09 entrada 2º/2018
--	--

No dia **26 de outubro, de 2020, às 09:00 horas**, reuniram-se, remotamente, através da plataforma Google Meet, os componentes da Banca Examinadora do Trabalho de Conclusão de Mestrado, indicados pelo Colegiado do PROFBIO/UFMG, para julgar, em exame final, o trabalho intitulado: **"A aprendizagem da transmissão da informação genética com blocos de montar"**, como requisito final para a obtenção do grau de Mestre em Ensino de Biologia, área de concentração: **Ensino de Biologia**. Abrindo a sessão, a Presidente da Comissão, a **Dra. Mônica Bucciarelli Rodriguez**, após dar conhecimento aos presentes sobre as Normas Regulamentares do Trabalho Final, passou a palavra ao candidato para apresentação oral de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos examinadores, com a respectiva defesa do candidato. Logo após, a Banca se reuniu, sem a presença do candidato e do público, para julgamento e expedição do resultado final. Foram atribuídas as seguintes indicações:

PROFESSOR EXAMINADOR	INSTITUIÇÃO	INDICAÇÃO (APROVADO/REPROVADO)
Dra. Mônica Bucciarelli Rodriguez	UFMG	aprovado
Dra. Mariana T. Quezado de Magalhães	UFMG	aprovado
Dra. Ana Lúcia Moraes Giannini	UFRJ	aprovado

Pelas indicações, o candidato foi considerado: aprovado

O resultado final foi comunicado publicamente ao candidato pela Presidente da Comissão.

Comunicou-se, ainda, ao candidato, que o texto final do TCM, com as alterações sugeridas pela banca, se for o caso, deverá ser entregue à Coordenação Nacional do PROFBIO, no prazo máximo de 60 dias, a contar da presente data, para que se proceda a homologação.



Universidade Federal de Minas Gerais
Instituto de Ciências Biológicas

**Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional -
PROFBIO**

Nada mais havendo a tratar, a Presidente encerrou a reunião e lavrou a presente ATA, que será assinada por todos os membros participantes da Banca Examinadora.

Belo Horizonte, 26 de outubro de 2020.

Dra. Mônica Bucciarelli Rodriguez

Dra. Mariana Torquato Quezado de Magalhães

Dra. Ana Lúcia Moraes Giannini

Obs: Este documento não terá validade sem a assinatura e carimbo do Coordenador do Colegiado local do PROFBIO.

MIGUEL
JOSE
LOPES:026
50879882
Coordenador do

Assinado de forma digital por MIGUEL JOSE LOPES:0265087988
Data: 2020.12.18 09:35:58 -03'00'

PROFBIO UFMG

AGRADECIMENTOS A CAPES

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer à minha orientadora, Dra. Mônica Bucciarelli Rodriguez por todos os ensinamentos, apoio, paciência e atenção.

A todos os excelentes Professores, que contribuíram demais para esta minha formação, compartilhando todos os seus conhecimentos de forma brilhante.

Aos meus colegas e amigos da turma PROFBIO 2018 por compartilharem suas experiências, conhecimentos e principalmente as angústias durante o curso de mestrado colaborando para meu desenvolvimento pessoal e profissional. Em especial às minha amigas Bárbara, Ingrid, Josiane, Juliana e Marta, por todo o apoio nas aulas e trabalhos em grupo.

Aos meus queridos alunos que abraçaram com muito carinho este trabalho, tornando possível a cumprimento desta pesquisa.

À minha esposa, Walkíria Macedo, pela ajuda, incentivo amor e dedicação.

A todos os familiares e amigos, por permanecerem ao meu lado e torcerem sempre pelo meu sucesso.

RESUMO

O presente trabalho apresenta o desenvolvimento de uma sequência didática com o objetivo de mediar à compreensão pelos alunos dos conceitos básicos relacionados ao fluxo de informação genética (gene, proteína, códon, molécula de DNA e as de RNA, nucleotídeo e aminoácido) e aos processos relacionados à síntese de proteínas. Pretende também promover a percepção da Genética como uma área importante da Biologia e a sua aplicação no dia a dia. A Sequência Didática foi construída utilizando uma abordagem investigativa, bem como as atividades de criação de modelos concretos de moléculas invisíveis, utilizando blocos de construção e origami, com o objetivo de colocar os alunos como protagonistas no processo de ensino-aprendizagem. A sequência didática foi aplicada em uma turma de alunos do terceiro ano do ensino médio de uma escola estadual localizada no município de Itabira-MG. A aprendizagem dos alunos dos conceitos e do fluxo de informação genética foi observada durante o seu uso. Os alunos participaram voluntariamente da pesquisa, respondendo a questionários estruturados para posterior análise quali-quantitativa. Além disso, as observações durante a aplicação foram registradas e utilizadas na análise da SD, bem como a experiência anterior de ensino e literatura relacionada.

Palavras-chave: genética molecular, ensino de biologia, sequência didática, atividade lúdica.

ABSTRACT

The present work presents the development of a didactic sequence aiming to mediate the understanding by the students of basic concepts related to genetic information flux (gene, protein, codon, DNA molecule and RNAs, nucleotide and amino acid) and the processes related to protein synthesis. It also intends to promote the perception of Genetics as an important area of Biology, and its application on daily basis. The Didactic Sequence was built using an investigative approach as well as the activities of creation of concrete models of invisible molecules, using building blocks and origami. with the purpose of placing students as protagonists in the teaching-learning process. The didactic sequence was used on a class of third year high school students from a state school located in the municipality of Itabira-MG. Students' learning of the concepts and genetic information flux was observed during its use. The students voluntarily participated in the research by answering structured questionnaires for later quali-quantitative analysis. Besides that, observations during the application were recorded and used on the DS analysis as well as the previous teaching experience and related literature.

Keywords: molecular genetics, biology teaching, didactic sequence, ludic activity.

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO	12
2 - JUSTIFICATIVA	16
3 - OBJETIVO	17
3.1 – Objetivo Geral	17
3.2 - Objetivos específicos.....	17
4 - MATERIAIS E MÉTODOS	18
5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
5.1 – Desenvolvimento da sequência didática.....	19
5.2 – A sequência didática.....	23
5.3 - Análise da sequência didática	49
6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	57
7 - PERSPECTIVAS FUTURAS.....	58
8 – REFERÊNCIAS	59
9 – ANEXOS.....	63
10 - APÊNDICES.....	67

1 – INTRODUÇÃO

No contexto da biologia os assuntos envolvendo o ensino da Genética são considerados os mais difíceis para ensinar e mais ainda para aprender. É uma área em constante transformação e mudança, com isso, é um grande desafio para o professor se manter atualizado (ARIAS, 2004; CAMARGO; INFANTEMALACHIAS, 2007).

Esta constante transformação gera um grande impacto na sociedade. Mesmo que os temas relacionados à genética estejam frequentemente presentes no cotidiano da vida das pessoas, existe uma grande dificuldade na assimilação por grande parte dos alunos e parte dos professores também, sobre seus fenômenos e desenvolvimento.

Segundo Trivelato e Tonidandel (2015) o ensino de biologia apresenta especificidades que a torna diferente das demais Ciências da Natureza. Ainda de acordo com Trivelato e Tonidandel (2015)

No mundo inanimado, há classes de elementos e a variação entre eles é acidental. Entre os seres vivos, ao contrário, a variação é a regra, dentro de cada biopopulação, cada indivíduo é único.

Ensinar genética é desafiador e motivador ao mesmo tempo. Existem muito termos e conceitos relacionados ao tema e isto acaba dificultando ainda mais o aprendizado do aluno. Pois, na grande maioria das vezes, se preocupa mais em decorar o termo do que simplesmente entender o seu sentido e contexto. Segundo Neto (1987, p.129)

O aprendizado nas ciências é como de uma nova língua, os conceitos e termos específicos devem pouco a pouco entrar na vida diária do aluno e, por isso, não podem ser vulgarizados com o objetivo de uma mera memorização escolar.

De acordo com Amorim (1997) existe uma dificuldade, por parte dos próprios docentes, em acompanhar, mediar e compreender a aprendizagem de conteúdos com as últimas novidades em cerca do ensino de genética. Ainda que hoje a informação esteja bem acessível a todos, é possível verificar cotidianamente que ainda há certa dificuldade dos alunos em buscar as informações corretas e claras sobre o tema.

O conteúdo de genética é de suma relevância para a compreensão da biodiversidade e pode apresentar uma importância para uma atitude mais humana, cidadã e moral dos alunos frente às diferenças humanas. Segundo Selles e Ferreira (2005) “as Ciências Biológicas não podem prescindir de uma reflexão no âmbito social”. Isso se torna claro quando essa ciência é empregada em debates abordando tópicos do dia a dia escolar como sexualidade, gravidez e aborto, uso de drogas, racismo e outros tipos de preconceitos. O grande desafio é justamente tornar esses conteúdos mais apropriados pelos estudantes, já que eles apresentam “dificuldades na capacidade de abstração e de compreensão das informações procedimentais e conceituais envolvendo os termos e definições que baseiam conhecimentos de bioquímica, citologia, histologia, fisiologia e principalmente sobre os aportes ecológicos do desenvolvimento evolutivo das espécies” (BIZZO e EL-HANI, 2009).

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 2001) para uma melhor aprendizagem escolar deve ser dado um maior enfoque na experimentação. O aluno, tendo a

oportunidade de se relacionar com atividades diferenciadas terá maior probabilidade de se sentir parte de um todo, interagindo com o ambiente onde vive. Segundo dados da Organização das Nações Unidas para a Educação (UNESCO, 2004), existe um reconhecimento, por parte do governo, que a função da educação não é meramente promover a memorização de conteúdos; mas sim proporcionar aos educandos um ambiente onde possam desenvolver suas potencialidades afetivas, cognitivas e psicomotoras.

Ainda nesse contexto a BNCC diz que, para educar esses adolescentes como sujeitos críticos, criativos, autônomos e responsáveis, competem às escolas de Ensino Médio proporcionar experiências e técnicas que lhes garantam as aprendizagens indispensáveis para a leitura da realidade, o enfrentamento dos novos desafios da atualidade (sociais, econômicos e ambientais) e a tomada de decisões éticas e baseada. O mundo necessita lhes ser oferecido como campo aberto para investigação e intervenção quanto a seus aspectos políticos, sociais, produtivos, ambientais e culturais, de maneira que se percebam instigados a equacionar e resolver questões herdadas pelas gerações anteriores – e que se refletem nos contextos contemporâneas, abrindo-se criativamente para o novo (BRASIL, 2017).

Contudo, ao analisar as escolas, nota-se uma realidade completamente diferente: o ensino ainda está baseado em aulas expositivas, sendo o educador um simples transmissor do que está no livro didático. Na maioria das vezes, as ciências são classificadas pelos alunos apenas como matérias que estão relacionadas apenas para decorar nomes e fórmulas (KRASILCHIK, 1986).

Se a finalidade é inovação, falar em ensino de ciências por investigação é praticamente um consenso em países da América do Norte e Europa. No Brasil, contudo, este enfoque está menos “consagrado” e é relativamente pouco debatido. Ainda assim, aqui, o interesse vem aumentando, sendo que pesquisadores e educadores estão voltando para esta questão (e.g., Azevedo, 2004; Borges & Rodrigues, 1998; Carvalho, Praia & Vilches, 2005).

Quando pensamos em Ensino de Ciências por Investigação, almejamos indicar um direcionamento alternativo das aulas de ciências, bem diferentes daquelas que são as mais comuns nas escolas, como por exemplo, o docente fazendo anotações no quadro, seguidas de elucidações e os alunos anotando e ouvindo-o dissertar sobre um determinado assunto do conteúdo.

Na escola os conceitos são expostos de maneira abstrata e distante do contexto de origem. Acontece assim um afastamento entre o que é estudado do modo como esse conhecimento é aprendido e utilizado (Brown et al., 1989).

Diferentes pesquisadores da área da educação, ao definirem aprendizagem de ciências, enfatizam que aprender ciências implica essencialmente em participar de algumas práticas dos cientistas, ou seja, um elemento chave do contexto de desenvolvimento do conhecimento científico. Driver et al. (1999), por exemplo, defendem que:

“aprender ciências não é uma questão de simplesmente ampliar o conhecimento dos jovens sobre os fenômenos – uma prática talvez mais apropriadamente denominada estudo da natureza – nem de desenvolver e organizar o raciocínio do senso comum dos jovens. Aprender ciências requer mais do que desafiar as ideias anteriores

dos alunos mediante eventos discrepantes. Aprender ciências envolve a introdução das crianças e adolescentes a uma forma diferente de pensar sobre o mundo natural e de explicá-lo; tornando-se socializado, em maior ou menor grau, nas práticas da comunidade científica, com seus objetivos específicos, suas maneiras de ver o mundo e suas formas de dar suporte às assertivas do conhecimento”.

Nesse aspecto, seria inadequado separar o ensino de conceitos científicos e as práticas da comunidade científica a partir das quais esses conceitos surgem. Desse modo, os posicionamentos aqui exibidos por Driver et al. (1999) explicam alguns dos efeitos que o distanciamento entre a ciência escolar e a ciência acadêmica poderia apresentar para o ensino de ciências – em especial a contextualização dos conceitos científicos na área da investigação acadêmica. O enfoque investigativo no ensino de ciências representaria um modo de levar para a escola aspectos essenciais à prática dos cientistas.

O Ensino por Investigação em Ciências é descrito como sendo um exemplo de proposta didática que dá enfoque na problematização, onde o educando é o sujeito do conhecimento e a edificação desse conhecimento é concretizada a partir de interações com outros sujeitos e o ambiente inserido (CARVALHO, 1999, 2007). Sasseron e Carvalho (2011) destacam a importância de se desenvolver atividades em sala de aula que permitam arguições entre educandos e educador em ocasiões de investigação, a partir dessas discussões os educandos são induzidos a estabelecer hipóteses, desenvolver argumentos para defendê-las, sugerindo afirmativas e agrupando fatos que levem a elucidação do que se está investigando.

Ao assegurar que todo conhecimento é decorrência de uma pergunta, Bachelard (2013), destaca: “Se não há pergunta, não pode haver conhecimento científico. Nada é evidente. Nada é gratuito. Tudo é construído”. Ainda nesse aspecto, Carvalho (2007) frisa a importância de sugerir aos educandos circunstâncias problemáticas atraentes, recomendando que se desenvolva o Ensino por Investigação.

Munford e Lima (2007) defendem o Ensino por Investigação e pontuam que essa estratégia pode fazer com que o ensino seja mais interativo e dialógico, e que mediante dessas atividades os educandos poderão ser capazes de aceitar as elucidações científicas para além das falas autoritárias, prescritivas e dogmáticas. As autoras ressaltam, contudo, que determinados temas se mostram mais adequados para este tipo de estratégia de ensino do que outros, e que esta constituiria uma estratégia entre outras que o educador poderia empregar de forma inovadora.

O significado do que seja ensino por investigação ainda é muito pouco propagado entre pesquisadores do campo do ensino de ciências. De acordo com Sá et al. (2007), ainda onde a proposta de ensino por investigação já está bem solidificada, carece ainda um significado claro do conceito de ensino por investigação.

Sobre isso ainda Franco e Munford (2020), Pedaste et al. (2015) e Strieder & Watanabe (2018) relatam que há distintas maneiras de se compreender o Ensino de Ciências por Investigação e aplicá-lo em sala de aula. De maneira ampla, o percebemos como uma abordagem didática que sugere que, ao invés de somente aprender o que a ciência construiu por meio da memorização de nomes e fórmulas, manipulação de símbolos e cálculos, seria

interessante para os alunos uma relação mais associada com o método de produção do conhecimento (Carvalho, 2018).

Munford e Lima (2007) destacam duas compreensões que avaliam erradas sobre o ensino por investigação: a primeira é o fato de a maioria acreditar que o ensino de ciências por investigação seja restrito apenas a atividades práticas ou experimentais, segundo é que o ensino por investigação essencialmente tenha que abranger atividades “abertas”. De acordo com Munford e Lima (2007), muitos educadores discordam desse posicionamento. O relevante é compreender a possibilidade de múltiplas conformações com diferentes níveis de direcionamento por parte do docente.

Baseado nesses autores, o uso de variadas atividades e diferentes níveis de abertura e direcionamento, permite maior aprendizagem por meio de atividades investigativas, uma vez que devemos analisar os diferentes perfis e dificuldades expostos pelos educandos.

Segundo Azevedo (2012), uma atividade, para ser atendida como investigativa, deve ser seguida de condições problematizadoras, questionadoras e de diálogo. Tais atividades precisam vir seguidas de uma problemática que desperte nos educandos a vontade pelo seu desenvolvimento, organizando o levantamento de hipóteses, a procura de métodos para avaliá-las e a inclusão em debates com demais educandos.

Sá et al. (2007) descrevem que as atividades investigativas precisam ter como características a formulação de um problema que estimule os educandos, desencadeando debates e discussões entre os alunos, além de propiciar a aquisição e a avaliação de evidências.

Dessa maneira uma atividade, para ser investigativa, necessita levar o educando a participar de forma eficaz do seu procedimento, e tal participação é atingida quando se manifesta no educando a busca por pensar, discutir, elucidar e descrever o que lhe foi sugerido (Sá et al., 2007).

Mas para haver um envolvimento significativo do educando no desenvolvimento de atividades investigativas é indispensável que o mesmo seja engajado na seriedade do assunto em estudo. Os alunos precisam se interessar pelo problema a ser investigado, de forma a se perceberem determinados a resolvê-lo.

Para Azevedo (2012), é relevante que uma atividade investigativa faça significado para o educando, de modo que ele compreenda o porquê de estar investigando o acontecimento que a ele é exposto. Nesse aspecto, o educando será capaz de pensar, procurar explicações e participar com maior ou menor intensidade das fases que induzam à resposta do problema (AZEVEDO, 2012).

Ainda segundo Azevedo (2012), em uma atividade investigativa o educando deixa de ser somente um observador das aulas, passando a apresentar amplo controle sobre elas, tornando-se elemento integrante da edificação de seu conhecimento.

2 - JUSTIFICATIVA

Devido à enorme dificuldade apresentada pelos alunos do ensino médio em compreender os principais conceitos envolvendo a genética e a assimilação dos processos de transmissão de informação que culminam com a síntese proteica, este trabalho se justifica pela necessidade do uso, em sala de aula, de novas alternativas que promovam o aprendizado real e duradouro dos conteúdos de genética.

Muito se fala sobre a necessidade de incluir experimentos em sala de aula com a finalidade de tornar o aprendizado mais real desenvolvendo a criatividade e a curiosidade nos alunos. De acordo com a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (BRASIL, 1996) é salientada a importância de um currículo em que as metodologias, os conteúdos e as formas de avaliação façam com que o educando, ao final da educação básica, evidencie entre outros, o domínio dos princípios científicos e tecnológicos. GADOTTI (1995) enfatiza que ensinar é adentrar-se na história, não é somente estar no recinto escolar, mas num imaginário muito mais amplo.

Desta forma, o trabalho prático (experimentos) precisa pautar o conteúdo com o mundo, ser flexível e adaptar-se ao nível do aluno. Um mesmo tema pode ser desenvolvido de formas diferentes, porém a finalidade deve ser a de causar modificação conceitual, afrontar o conhecimento popular com o científico e deixar no aluno um aprendizado duradouro, pois na medida em que o aluno exerce uma interação é que ele vai desenvolvendo a sua capacidade de conhecer e vai produzindo o próprio conhecimento (FERRAZ e TERRAZAN, 2002).

Em virtude do exposto, parece ser interessante a produção de atividades que propiciem certa concretude aos processos moleculares da transmissão da informação genética aos estudantes.

3 - OBJETIVO

3.1 – Objetivo Geral

Produzir e avaliar uma sequência didática (SD) para facilitar a aprendizagem dos processos genéticos que resultam na síntese proteica.

3.2 - Objetivos específicos

Incentivar o protagonismo consciente e crítico dos alunos.

Facilitar a compreensão dos educandos sobre as relações existentes entre a molécula de DNA e as características produzidas pelos organismos através de proposta de atividades interativas.

Verificar se a produção colaborativa dos modelos didáticos, produzidos na SD, é uma alternativa eficaz para a aprendizagem do aluno.

4 - MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (Anexo I) e executado com alunos do terceiro ano, do ensino médio, matutino, no segundo semestre de 2019, em uma escola estadual, para acompanhar o planejamento anual da escola, instituição localizada no município de Itabira, MG. Para a realização dessa pesquisa foi solicitado o consentimento da direção da escola, por meio da assinatura da Carta de Concordância da Escola e foi oferecida aos estudantes a participação na pesquisa para avaliar a sequência didática desenvolvida, com assinaturas Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) por seus responsáveis e pelos estudantes maiores de 18 anos, bem como, o Termo de Assentimento Livre Esclarecido (TALE) solicitando a participação voluntária dos mesmos nesta avaliação. A comunidade atendida pela escola abrange uma gama variada de alunos, sendo a maioria localizada na comunidade da escola e até alunos da comunidade rural (representando 7,8% dos alunos matriculados), sendo a maioria desses alunos de classe média-baixa. O Índice de Desenvolvimento do Ensino Básico IDEB, da escola, dos anos finais em 2017 foi de 4,4, em uma escala de 0 a 10, não atingindo a meta da escola de 5,1. A escola se encontra em estado de alerta e várias ações foram planejadas e estão sendo desenvolvidas para alcançar uma melhor aprendizagem dos seus alunos. Considerando o contexto apresentado, espera-se que a SD proposta possa ser mais uma ferramenta para melhorar a aprendizagem na escola. A escolha de apenas uma turma se deu para que a quantidade dos blocos de montar fosse suficiente, uma vez que duas ou mais turmas poderia comprometer à montagem dos modelos pelos alunos. E por esse motivo eu escolhi essa turma do 3º ano do ensino médio, pois era, dentre todos os anos do ensino médio, a única com uma turma apenas.

A sequência didática foi desenvolvida segundo preconizado por Zabala (1998), para quem as sequências didáticas são formas arranjadas do professor trabalhar atividades em suas aulas, por meio de estudo e pesquisa de estratégias para desenvolver um conteúdo ou um tema específico. Ainda segundo o autor, as atividades necessitam estar organizadas para atingir os objetivos educacionais almejados, e estes devem estar claros tanto para o educador, quanto para os educandos. Fundamentado, no conceito de sequência didática de Zabala (1998), foi preparado um conjunto de atividades, que tratam sobre a transmissão da informação genética.

Para fins metodológicos esse trabalho trata-se de uma pesquisa com viés quali-quantitativo, que teve como finalidade explorar e conhecer atitudes diante algumas situações propostas envolvendo a discussão e montagem de modelos para representar a transmissão da informação genética.

5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 – Desenvolvimento da sequência didática

A escolha em produzir uma Sequência didática (SD) com conteúdos de genética partiu do interesse de correlacionar os conhecimentos sobre os mecanismos responsáveis pela transmissão da informação genética e sua importância para a manifestação das características de cada organismo. As atividades levantam um histórico de todo o processo de descoberta da molécula de DNA até os processos que culminam na manifestação do fenótipo dos indivíduos e foram elaboradas utilizando diferentes abordagens didáticas por entendermos que os alunos aprendem de formas diferentes, isso ocorre devido às individualidades no contexto da sociedade. Claxton e Murrell (1987) aconselham que os docentes procurem compreender a importância das necessidades pessoais e das formas diferentes de aprender e as aproveitem em suas aulas. A suposição de que os alunos aprendem e estudam de formas diferentes surgiu como tema de destaque pedagógico. (CLAXTON; MURRELL, 1987; COFFIELD et al., 2004a; PETER; BACON; DASTBAZ, 2010).

A minha SD foi trabalhada com a utilização de duas atividades investigativas nas quais os alunos foram levados a levantar de hipóteses para explicar os resultados obtidos em experimentos realizados pelos cientistas que sustentaram a criação do modelo da estrutura de DNA e a formulação do código genético. Nessas atividades perseguiu-se o propósito de instigar a ampliação do pensamento crítico, a resolução de problemas e a aprendizagem de conceitos. É conformidade entre vários autores (KRASILCHIK, 2005; LIMA ET AL, 2008; SASSERON, 2013 E CARVALHO, 2013) que uma atividade investigativa é centrada em um problema e que a sua solução abrange a participação ativa dos alunos, e o confronto com o não saber, que induzirá a criação de hipóteses na tentativa de resolver o problema, e a partir daí começa a construção do conhecimento científico.

Essas atividades foram projetadas para beneficiar a aprendizagem integrada da genética, uma vez que esse tema é de extrema relevância para o aluno compreender a herança de suas próprias características e para aumentar sua chance de sucesso em provas externas (concursos e ENEM), uma vez que tema é constantemente abordado. Além da genética ser considerado por mim um dos temas mais difíceis de serem trabalhados com os alunos, por ser bastante abstrato, sinto que eles têm muita dificuldade em compreendê-lo de forma clara e direta. Por isso, se faz necessário essa mudança de abordagem, saindo da forma mais tradicional de lecionar, e deixar os alunos mais independentes nesse processo ensino-aprendizagem.

Para a discussão e reflexão sobre o tema foram desenvolvidas várias atividades que culminaram na produção de modelos a partir de blocos de montar para representar todo o processo de transmissão da informação genética, na tentativa de tornar mais concreto esses processos não visíveis e abstratos. A proposta é que o educando esteja no centro do processo de aprendizagem, participando ativamente, sendo responsáveis pela construção de conhecimento, nessa perspectiva, os educadores atuam como orientadores do processo de aprendizagem investigando (LIMA et al, 2008).

O levantamento dos conhecimentos prévios se faz necessário para o educando ter uma noção do que a turma entende por genética e, a partir daí, nortear as suas atividades. A metodologia usado por mim foi a tempestade cerebral ou também conhecida como tempestade de ideias (brainstorm), nessa prática os alunos são levados a levantar temas e /ou conceitos relacionados a genética, essa abordagem é muito boa para, além de “sentir” o nível da turma, também “quebrar o gelo” para iniciar o trabalho.

A prática didática, de incorporar os conhecimentos prévios não é apenas uma alternativa que reflete a escuta do professor, é muito mais que isso. O conhecimento prévio permite a relação do aluno com o que será lecionado e deve ser aproveitado pelo professor, ao longo do processo. Uma vez mapeada a percepção inicial dos educandos, um bom caminho é guardar essas primeiras hipóteses para que os alunos possam procurar as respostas e conferir seus sentidos iniciais com os significados estabelecidos ao longo das atividades. Os novos conhecimentos serão construídos e lidos, graças ao que eles já trouxeram de conceitos e instrumentos. Quanto mais o professor permitir a mobilização e atualização desses conhecimentos, mais relações o aluno poderá formar entre o que ele já sabe e o que vai estudar, e dessa forma, mais expressiva torna-se a aprendizagem.

Segundo Tavares, 2004 e Pellizari, 2002, o conhecimento prévio ajuda na organização, assimilação, compreensão e fixação dos novos conhecimentos, exercendo assim, uma “ancoragem” com os subsunçores, já viventes na estrutura cognitiva. Assim sendo, novos conceitos podem ser estudados à medida que haja outros conceitos importantes, adequadamente claro e disponível na estrutura cognitiva do sujeito, estes conceitos importantes trabalharão como pontos de retenção para os novos conceitos.

O método de investigação e problematização é uma alternativa a ser considerada para o ensino de Ciências e Biologia. Este estilo de método propicia uma atitude ativa dos alunos no

processo de investigação e na resolução de problemas e colaborar para uma visão unificada sobre a Ciência.

A problematização procura causar modificação conceitual. Sabe-se que nem sempre ela acontece; comumente compreensões alternativas se conservam. Mesmo assim, pode haver aprendizagem dos conceitos científicos. Ao resolver problemas, os educandos compreendem quais são os conceitos científicos necessários para sua solução e exercitam vários procedimentos. Os educandos podem absorver os conceitos científicos, mesmo mantendo conceitos alternativos. E poderão ser capazes de empregar diferentes domínios de conceitos em diferentes condições (BRASIL, 2001).

Cada vez mais indicativos corroboram que a percepção tradicional de ensino vai aos poucos cedendo lugar para novas abordagens, novas propostas didáticas. Na concepção tradicional, o saber era algo exclusivo do professor, uma vez que esse era o “dono” do conhecimento; e o aluno, um mero e passivo receptor dos conhecimentos repassadas. A situação que atualmente domina é que o aluno se sente um sujeito ativo em busca de seu próprio conhecimento, entendimento esse que nos envia a uma retomada de valores e de posicionamentos por parte do educador mediante o fazer pedagógico. Sendo assim, entre os recursos que a ele são oferecidos está o trabalho em grupo, o qual, além de ser uma forma coletiva de estabelecer o conhecimento, ainda proporciona o desenvolvimento de muitas outras habilidades, sendo determinante na construção da verdadeira personalidade, especialmente no que tange aos valores.

Através desta sequência didática foi possível trabalhar os conceitos mais relevantes para o entendimento da transmissão da informação genética, devido à complexidade do tema, não foi possível abordar todo o conteúdo, então fiz uma seleção do que seria o primordial para o entendimento do aluno acerca desses processos. Fiz esse levantamento de conceitos abordados tomando como base as habilidades descritas na BNCC de biologia, sendo as principais; (EM13CNT301) Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica e (EM13CNT303) Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, tanto na forma de textos como em equações, gráficos e/ou tabelas, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações (BRASIL, 2017).

A SD foi desenvolvida e aplicada para avaliar sua utilidade, pertinência e fragilidades. Alguns ajustes podem ser feitos, a fim de facilitar a aplicação desta por outros profissionais. Segue no próximo tópico uma sugestão detalhada de aplicação.

5.2 – A sequência didática

Duração: 9 aulas

Público alvo: alunos do ensino médio

Materiais:

- Aparelhos multimídia: data show, computador
- Roteiros das atividades propostas
- Quadro negro ou branco e pincel ou giz
- Peças para montar (blocos tipo lego)

Etapas da sequência didática:

Quadro 1: Resumo da sequência didática

<i>Aula</i>	<i>Conteúdo programático</i>	<i>Estratégias de ensino</i>	<i>Objetivos específicos</i>	<i>Habilidades</i>
1	* Introdução aos conceitos de genética	* Levantamento dos conhecimentos prévios. * 1ª Atividade investigativa.	* Discutir sobre os conceitos de genética e a estrutura do DNA.	* Expressar ideias e opiniões. * Construir argumentos e selecionar evidências.
2	* Compreendendo a estrutura do DNA	* Leitura do texto de divulgação científico.	* Comparar as informações obtidas no texto com as hipóteses criadas.	* Analisar texto linguagem técnica e científica.
3	* Produção do modelo para representar a molécula de DNA	* Construir um modelo da molécula de DNA.	* Criar um modelo da molécula de DNA.	* Discutir as características do DNA. * Construir um modelo representativo.
4	* Estrutura e função das moléculas de RNA	* Leitura do texto de divulgação científico. * Vídeo sobre a transmissão da informação genética.	* Identificar os tipos de RNA, bem como as funções de cada uma.	* Interpretar os diferentes tipos de linguagens (escrita e visual).
5	* Elucidação do código genético	* 2ª Atividade investigativa.	* Discutir sobre a relação entre códons e aminoácidos. * Identificar os aminoácidos na tabela.	* Interpretar a tabela e construir argumentos para completá-la.
6	* Produção de modelos para representar a transmissão da informação genética	* Construir modelos para representar a transmissão da informação genética.	* Criar modelos das moléculas que participam desse processo.	* Construir modelos representativos.
7	* Produção de modelos para representar a transmissão da informação genética	* Construir modelos para representar a transmissão da informação genética.	* Criar modelos das moléculas que participam desse processo.	* Construir modelos representativos.
8	* Produção de roteiro explicando os modelos criados	* Criação do roteiro explicando sobre as etapas da transmissão da informação genética.	* Construir o roteiro detalhado, explicado cada modelo.	* Descrever o processo de transmissão da informação genética.
9	* Apresentação	* Cada grupo irá apresentar o modelo de outro grupo. * Comparação dos modelos de DNA (bloco e origami).	* Apropriar e apresentar o trabalho realizado pelo outro grupo. * Observar as diferenças entre os dois tipos de modelos.	* Explicar o processo de transmissão da informação genética. * Interpretar informações de diferentes fontes.

Momento 1: A molécula de DNA e suas características (3 aulas de 50 minutos)

Este momento trará uma discussão sobre a história do conhecimento sobre os ácidos nucleicos (DNA e RNA) e uma análise de suas características, relacionando-os com locus gênico, genes e proteínas.

Aula 1 - Levantamento dos conhecimentos prévios e introdução à estrutura do DNA

Levantamento dos conhecimentos prévios (15 minutos)

- Inicie uma discussão com os estudantes usando perguntas como:

“Os organismos de uma mesma espécie possuem o mesmo DNA? Mesmo tendo diferenças entre si? E qual a diferença para o DNA de uma espécie diferente?”

- Anote no quadro todas as palavras chaves que forem levantadas por eles e em seguida discuta, sucintamente, esses conceitos.

Obs.: Antes de iniciar a aula, peça a eles que falem sem medo, pois quando há equívocos surge oportunidade de esclarecimento e aumento de compreensão para o grupo. Deixe claro que errar é parte do processo, portanto não apenas é permitido como tem seu valor.

Compreendendo a estrutura do DNA (30 minutos)

- Separe os alunos em grupos de até seis componentes e apresente para cada grupo os resultados dos experimentos feitos pelos cientistas sobre a estrutura do DNA (ver anexos I e II para material de apoio sugerido).
- Os grupos devem ser desafiados a criar argumentos que sustentem e expliquem como os dados suportam a ideia do modelo da estrutura do DNA conhecida por eles. Cada grupo deverá anotar as suas explicações e entregá-lo a você (para facilitar a compreensão dos dados pelos alunos, sugere-se que seja entregue um roteiro de atividade, como o apresentado no apêndice I).

Aula 2 - Compreendendo a estrutura do DNA

- Entregue o texto *“A descoberta da estrutura do DNA: de Mendel a Watson e Crick”* da revista *“Química nova na escola”* (ver anexo III).
- Peça aos alunos que façam a leitura (individual ou em voz alta com participação de vários estudantes), parando em cada tópico pedindo para eles explicarem o que entenderam de cada parte, faça uma discussão com os alunos a cerca do conteúdo exposto.

- Após a leitura, peça aos seus alunos a se organizarem nos grupos feitos na aula anterior, entregue para cada grupo o texto produzido por eles e peça para que eles procurem no artigo elementos que suportem ou rejeitem as suas hipóteses, desenvolvidas na aula anterior.
- Após 30 minutos de atividades, convide cada grupo a apresentar oralmente as semelhanças e diferenças encontradas em relação ao que tinham postulado anteriormente.

Aula 3 - Desafio de compreensão: Produção do modelo de DNA a partir de bloco de montar.

- Grupos serão responsáveis em criar um modelo da estrutura do DNA, utilizando os blocos de montar.
- Oriente os grupos a relembrem as características principais da estrutura molecular do DNA, características essas que vocês discutiram nas últimas aulas.
- Peça-os para elaborar o esboço de um modelo da molécula de DNA. Lembre-os da importância da representação do modelo ser o mais fiel possível à estrutura real, pontuando a importância de que as cores dos blocos utilizadas representem cada componente da molécula.
- Utilize um espaço adequado e disponibilize os blocos a serem usados na criação dos modelos. Guarde os modelos produzidos em local seguro para serem utilizados posteriormente.



Momento 2: A transmissão da informação genética (6 aulas de 50 minutos)

Serão abordados os mecanismos de transmissão da informação genética: Transcrição e tradução.

Aula 4 - Como é a estrutura das moléculas de RNA? E as Etapas da transmissão da informação genética.

- Entregar o texto “*Tipos de RNA*” (anexo V), e peça para que os alunos façam a leitura oral do texto. Sugere-se que cada parágrafo seja lido por um aluno, e que se discuta cada parte do texto a medida que for lida.
- Apresente aos alunos as etapas da transmissão da informação genética (transcrição e tradução), usando o vídeo disponível em https://www.youtube.com/watch?v=6nxRxoGME_I. ou outro similar.
- Você poderá pausar o vídeo sempre que uma consideração ou explicação seja pertinente, e sugere-se pausá-lo para dirigir perguntas instigantes aos estudantes, como:
 - ✓ Chamar a atenção dos alunos sobre a apresentação dos cromossomos de forma duplicada, explicando que esse erro é bastante comum nos vídeos sobre genética, porém explique que essa forma só é apresentada no processo de duplicação celular e não no processo de transmissão da informação genética. (O vídeo sugerido deverá ser pausado em 24s)
 - ✓ O que diferencia um DNA de uma espécie da outra? (O vídeo sugerido deverá ser pausado em 43s)
 - ✓ Este processo da transmissão da informação genética será comum a todos os organismos? (O vídeo sugerido deverá ser pausado em 2min20s)
 - ✓ Quais as evidências?
 - ✓ O mesmo processo é evidência de um ancestral comum a todos os seres vivos?

Aula 5 - Código genético

- Antes de começar a atividade explique aos seus alunos como os cientistas chegaram aos resultados apresentados nas tabelas que serão distribuídas. O conteúdo está resumido abaixo e o apêndice 3 traz uma figura que pode facilitar o entendimento.

Decifrar o código genético, determinando o aminoácido específico por cada trinca, foi uma das maiores conquistas dos últimos 50 anos.

Uma conquista foi a descoberta de como fazer RNA sintético. Se os nucleotídeos do RNA são misturados com uma enzima especial (polinucleotídeo fosforilase), um RNA unifilamentar é formado na reação. Ao contrário da transcrição, nenhum molde de DNA é necessário para esta síntese, e assim os nucleotídeos são incorporados aleatoriamente. A habilidade em

produzir mRNA criou uma perspectiva entusiasmante de produzir sequências específicas de mRNA e então ver que aminoácidos elas poderiam especificar. O primeiro mensageiro sintético obtido foi feito apenas com nucleotídeos uracila reagindo com a enzima de síntese de RNA, produzindo -UUUU-[pol(U)]. Em 1961, Marshall Nirenberg e Heinrich Matthaei misturaram poli(U) com a maquinaria de síntese de proteínas de E. coli in vitro e observaram a formação de uma proteína. O principal entusiasmo estava centrado na questão da sequência de aminoácidos desta proteína. Ficou provado que era uma polifenilalanina, uma sequência de moléculas de fenilalanina, ligada para formar um polipeptídeo. Assim, a trinca UUU deve codificar fenilalanina:

5'UUU UUU UUU UUU UUU UUU3'

Fen Fen Fen Fen Fen Fen

Em seguida, foram produzidos os mRNA contendo dois tipos de nucleotídeos em grupos repetidos. Por exemplo, o mRNA sintético tendo a sequências (AGA)_n, que é uma longa sequências de AGAAGAAGAAGA, foi usada para estimular a síntese de polipeptídeos in vitro (em um tubo de ensaio que também continha um extrato celular com todos os componentes para a tradução). A partir da sequência dos polipeptídeos resultantes e as possíveis trincas que podiam residir em outros RNA sintéticos, podiam ser verificadas muitas palavras código. Então, quanto maior o valor produzido de aminoácido por uma determinada trinca, maior será a chance dessa trinca ser o códon desse aminoácido. (Texto disponível em <https://www.jornallivre.com.br/o-que-significa-codigo-genetico/>).

Existe uma descrição simplificada de como foi determinado que a informação era lida em trincas no artigo “Três, para casar!” publicado em 2014 na revista Ciência Hoje (Ciência Hoje, vol. 54 edição 321 p. 58).

- Divida a sala em grupos e distribua, para cada grupo, uma das tabelas com os dados experimentais de elucidação do código genético e uma tabela para preenchimento (ver anexo IV). Peça aos seus alunos para analisar os dados e preencher a tabela do código genético baseado na pergunta: “Qual aminoácido corresponde a cada códon?”
- Cada grupo irá apresentar ao final da aula os resultados obtidos, contando que aminoácidos seriam codificados por cada códon, nesse momento os outros grupos irão discutir se estariam de acordo ou não.

- Ao final discuta sobre a presença dos três códons que não são responsáveis em codificar nenhum aminoácido (terminação), os alunos irão fazer uma discussão geral para concluir a função deles.

Atividade: Professor, ao final desta aula passe uma atividade para os alunos (sugestão no apêndice III). Eles devem ser levados a refletir sobre os impactos gerados na modificação de algum desses códons na transmissão da informação genética. Muito possivelmente os alunos não conseguirão terminar essa atividade em sala, então peça para que terminem em casa e tragam na próxima aula.

Aulas 6 e 7 - Construção dos modelos para explicar a transmissão da informação genética.

- Antes de iniciar essa aula, recolha a atividade dada na aula anterior e a guarde, avisando seus alunos que as questões serão discutidas mais adiante.
- Peça para os alunos se organizarem em grupos e devolva os modelos da molécula de DNA criada por eles.
- Cada grupo irá desenvolver, a partir deste modelo da molécula de DNA, modelos para representar a síntese proteica.

Obs. Seria interessante que essa atividade fosse aplicada em duas aulas geminadas. Se você não possui essas duas aulas juntas, talvez possa combinar com o professor do outro horário a possibilidade dele ceder esse horário para você.

Aula 8 - Produção do roteiro e discussão da atividade da aula 5.

- Entregue as atividades realizadas pelos alunos no final da aula 5 e faça uma breve discussão de cada questão.
- Após a discussão dos exercícios, reúna os estudantes em seus grupos e peça para que produzam um roteiro para o seu modelo, detalhando e explicando cada processo e etapa representada no modelo, anotando tudo em folha a parte, bem como o que representa cada estrutura no modelo.
- Recolha e guarde cada roteiro criado pelos grupos, juntamente com todos os modelos criados.
- Entregue para cada aluno uma cópia do origami do DNA (anexo VI) juntamente com as suas instruções de produção (anexo VII). (*Disponível em https://www2.ibb.unesp.br/Museu_Escola/Ensino_Fundamental/Origami/Artigos/DNA/o%20DNA%20em%20origami.pdf, acessado em 14*).
- Oriente os alunos a montarem os origamis e trazerem na próxima aula.

Aula 9 - Apresentação.

- Os modelos e respectivos roteiros devem ser distribuídos para os grupos de modo que não fiquem com o grupo que o produziu. Esse grupo deve ler o roteiro e apresentar o modelo que lhe coube para o restante da classe. Isso permite a avaliação da eficácia e clareza do roteiro.

Durante a apresentação faça interrupções para as devidas correções de termos e processos citados de forma equivocados. Além disso, o momento pode ser aproveitado para indagar aos estudantes que estão assistindo questões relacionando a estrutura das moléculas e os processos de transmissão de informação genética com causas e efeitos de mutações, ocorrência de câncer, geração de transgênicos e outros assuntos relacionados. Os processos que vimos acontecem só em um grupo de organismos? Também podem ser feitas perguntas sobre aspectos já discutidos previamente, como estrutura e síntese de DNA.

- Peça aos alunos para pegarem os origamis produzidos por eles e oriente-os a fazerem uma comparação com os modelos criados com os blocos. Citando as vantagens e desvantagens de cada modelo.

Proposição de avaliação:

- Avaliação 1: Participação do debate sobre a estrutura do DNA.
- Avaliação 2: Modelo de DNA produzido.
- Avaliação 3: Preenchimento da tabela dos códons.
- Avaliação 4: Produção do roteiro explicando os modelos.
- Avaliação 5: Apresentação dos modelos do outro grupo.

ANEXOS DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Anexo I

Quantidades de matéria* (em mol) das bases em DNA de diferentes fontes.

Organismo	Tecido	Adenina	Timina	Guanina	Citosina
<i>E. coli</i> (K12)	—	26,0	23,9	24,9	25,2
<i>D. pneumoniae</i>	—	29,8	31,6	20,5	18,0
<i>M. tuberculosis</i>	—	15,1	14,6	34,9	35,4
Levedura	—	31,3	32,9	18,7	17,1
<i>P. lividus</i> (ouriço do mar)	esperma	32,8	32,1	17,7	18,4
Arenque	esperma	27,8	27,5	22,2	22,6
Rato	tutano de osso	28,6	28,4	21,4	21,5
Humano	timo	30,9	29,4	19,9	19,8
Humano	fígado	30,3	30,3	19,5	19,9
Humano	esperma	30,7	31,2	19,3	18,8

*Por 100 mols de fosfato na forma hidrolisada do DNA.

Erwin Chargaff; após inúmeros estudos da composição do DNA em diversos tecidos e varias espécies,

THIEMANN, O. H. A descoberta da estrutura do DNA: de Mendel a Watson e Crick.

Química Nova na Escola. n. 17, p. 16. 2003. Disponível em: . Acesso em: 06 agosto 2019

Anexo II

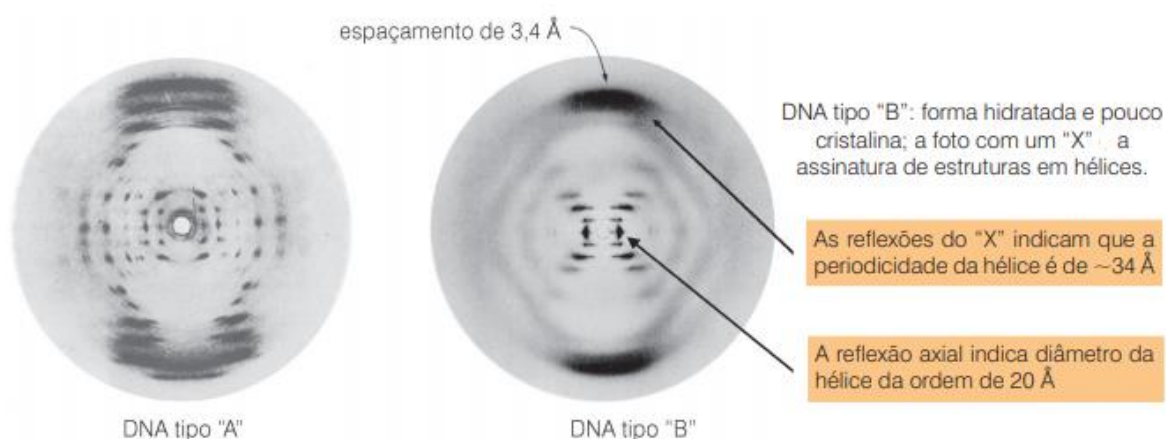


Figura 10: Duas fotos de difração de raios-X obtidas por Rosalind ranklin e Maurice Wilkins do DNA desidratado (A) e hidratado (B). O exame da foto de difração do DNA B permitiu a Watson e Crick concluírem diversas características

THIEMANN, O. H. A descoberta da estrutura do DNA: de Mendel a Watson e Crick.

Química Nova na Escola. n. 17, p. 17. 2003. Disponível em: . Acesso em: 06 agosto 2019



Otávio Henrique Thiemann

O desenvolvimento da descoberta científica nem sempre é linear e ocorre de forma direta. Os acontecimentos que levaram à descoberta da estrutura tridimensional do DNA por James Watson e Francis Crick representa uma fascinante história da Ciência moderna. Neste ano celebra-se o cinquentenário dessa descoberta tão fundamental e de consequências tão abrangentes para a vida moderna e o desenvolvimento tecnológico em diversos campos da investigação atual. Este artigo é um breve relato ilustrativo de como se desenvolveu o conhecimento científico culminando nessa fundamental descoberta.

► ácido desoxirribonucleico, DNA, dupla hélice, história da Ciência ◀

Recebido em 1/5/03, aceito em 3/5/03

Em abril de 2003, o mundo celebrou o cinquentenário da descoberta da estrutura em dupla hélice do ácido desoxirribonucleico, mais conhecido como DNA - sua sigla do Inglês (Watson, 1968; Crick, 1990). A importância dessa descoberta, talvez a mais importante da história da Biologia moderna, reside no fato de que o DNA de cada célula contém toda a informação genética para as características e funções da mesma. Essa conquista seminal da Ciência está sendo celebrada de diversas formas por ter atualmente um alcance profundo em nosso cotidiano. Com o rápido desenvolvimento científico e tecnológico na área de Biotecnologia, em grande parte iniciado por essa descoberta, diversos aspectos da sociedade moderna estão sendo afetados.

Esse feito envolveu três instituições de pesquisa. O Laboratório Cavendish na Universidade de Cambridge, a Unidade de Biofísica do King's College, ambos na Inglaterra, e nos Estados Unidos da América, o Instituto de Tecnologia da Califórnia (mais conhecido pela sigla Caltech), em Pasadena, onde houve a contribuição do trabalho de Linus Pauling (1901-1994).

O conceito de que a informação genética das células e dos organismos

vivos que determina as características de cada ser vivo está contida nas moléculas de DNA é bem aceito na atualidade, mas nem sempre foi assim. Um grande número de pesquisadores contribuiu para que a função do DNA fosse finalmente identificada.

Primeiros passos

Os primeiros conceitos de genética,

publicados em 1865, foram desenvolvidos por um monge austríaco, Gregor Mendel (1822-1884), que trabalhando sozinho deduziu, a partir de experimentos muito bem elaborados com plantas de ervilha, que algumas características são herdadas em "unidades" (Figura 1A). Esse trabalho não foi notado pela comunidade científica até ser descoberto por Hugo De Vries (1848-1935) e

13



Figura 1: (A) Gregor Mendel e seu jardim no monastério onde realizou os experimentos de cruzamento com plantas de ervilhas, os quais levaram-no a desenvolver suas teorias da hereditariedade. (B) Hugo De Vries; em 1900, ele e seus colaboradores redescobriram os trabalhos de Mendel e formularam as leis da hereditariedade.

seus colaboradores, em 1900, os quais estabeleceram as leis da hereditariedade (Figura 1B). Muito tempo se passou e diversas descobertas foram realizadas descrevendo a composição química das células.

Poucos anos após os trabalhos de Mendel, em 1868, um jovem pesquisador, Friedrich Miescher (1844-1895), purificou uma nova substância no material nuclear de células, chamada de nucleína (Figura 2). Essa descoberta não causou grande interesse na época, pois a maioria se interessava principalmente pelas proteínas que estavam contidas no núcleo das células.

A primeira sugestão apontando o DNA como repositório do material genético de uma célula veio do trabalho de Walther Flemming (1843-1905) que, em 1882, descobriu o processo de mitose e o comportamento dos cromossomos durante a divisão celular. Essa descoberta, porém, não tornou o DNA o principal candidato ao posto de carreador da informação genética. Uma série de descobertas descrevem o DNA como um polímero que contém apenas quatro formas químicas diferentes: os nucleotídeos adenina (A), guanina (G), citosina (C) e timina (T) (Figura 3). Em particular, o trabalho de Phoebus Aaron Theodor Levene (1869-1940), que fez contribuições importantes nesse aspecto e, em 1909, propôs a "teoria do tetranucleotídeo" (Figura 4). Por essa teoria, o DNA seria composto por repetições monótonas desses quatro nucleotídeos. Dessa forma, uma molécula com essa característica,



Figura 2: Friedrich Miescher e seu laboratório, onde realizou as purificações e descobriu a nucleína.

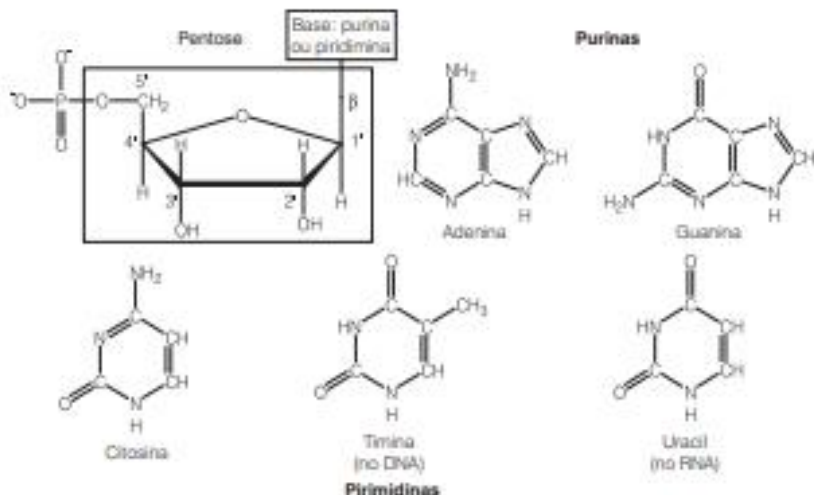


Figura 3: As unidades do DNA são formadas por um nucleotídeo que é composto por um açúcar (pentose) e uma base nitrogenada. Essa base nitrogenada pode ser de dois tipos, uma purina ou uma pirimidina. Além do DNA, as células também possuem moléculas de RNA (sigla do Inglês para ácido ribonucleico). Este é diferente do DNA por sua molécula ter um outro OH na posição 2' da pentose (o DNA possui um H) e, ao invés da base timina (T), ter a base uracil (U).

certamente não carregaria informação química suficiente para codificar todas as características necessárias à manutenção de uma célula e à hereditariedade. Pensava-se que essa complexidade esperada do material genético seria satisfeita apenas por proteínas, que são polímeros de 20 aminoácidos.

Apesar disso, a pesquisa com o DNA prosseguiu e, em 1909, um geneticista dinamarquês, Wilhelm L. Johannsen (1857-1927), cunhou o nome "gene" para a unidade descrita por Mendel e, em 1911, Thomas Hunt Morgan (1866-1945), trabalhando com a mosca da fruta, *Drosophila melanogaster*, mostrou pela primeira vez que os genes estão arranjados de forma linear nos cromossomos (Figura 5).

Evidências sobre o papel do DNA

As evidências experimentais de que o DNA é o material genético surgiram de uma série de experimentos muito elegantes realizados a partir de 1928. Nesse ano, Frederick Griffith, usando extratos químicos, converteu inócuas bactérias de pneumonia

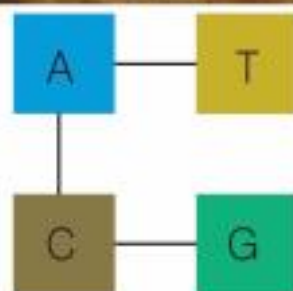


Figura 4: A teoria do tetranucleotídeo foi introduzida por Phoebus A.T. Levene, juntamente com inúmeras importantes contribuições de seu trabalho na caracterização química do DNA.



Figura 5: (A) Wilhelm Johannsen fotografado durante uma apresentação a seus alunos; foi o responsável por cunhar o nome "gene" para a unidade de transferência da hereditariedade. (B) Thomas H. Morgan; trabalhando com moscas de fruta (*Drosophila melanogaster*), identificou que os genes estão arranjados em sequência nos cromossomos.

na sua forma patogênica. A natureza desse fator de hereditariedade não foi sugerido por ele na ocasião.

Em um interessante livro de 1943, intitulado *What is life?*, Erwin Schrödinger (1887-1961) apresentou o conceito dos genes serem a componente chave das células vivas (Schrödinger, 1997). Entretanto segundo os para-

digmas da época, ele supôs que os genes seriam uma classe especial de proteínas. Mas logo no ano seguinte, em plena 2ª Guerra Mundial, Oswald T. Avery (1877-1955) e seus colegas, Colin MacLeod (1909-1972) e Maclyn McCarty (1911-) - Figura 6, baseados nas observações de Griffith, demonstraram ser o DNA a molécula responsável pelo princípio transformante. O experimento definitivo surgiu somente em 1952, com os elegantes experimentos de Alfred Hershey (1908-1997) e Martha Chase (1930-) - Figura 7. Dessa forma, ficou consolidada a noção de que o material genético é constituído de moléculas de DNA e não de proteínas, como alguns pesquisadores ainda acreditavam até então. Com isso se tornou de grande importância a descoberta da estrutura dessa intrigante molécula, pois já se especulava que uma descoberta dessa natureza revelaria como a informação é armazenada no DNA e como ela seria transmitida de um indivíduo para seu descendente.

Uma descoberta fundamental para tal foi realizada por Erwin Chargaff (1905-2002), em 1950 (Figura 8). Chargaff investigou a composição do DNA de diversos organismos e concluiu que a composição de bases do DNA varia entre as espécies, mas que amostras de DNA isoladas de diferentes tecidos da mesma espécie têm a mesma composição de bases (A, C, T e G). Ele também pôde observar que a composição de bases do DNA numa dada espécie não muda com a idade do organismo, estado nutricional ou mudanças ambientais. Sua observação mais importante, porém, talvez tenha sido de que em todos os DNA celulares, não importa qual a espécie, o número de bases adenina é igual ao de timina ($A = T$) e o de guanina é igual ao de citosina ($G = C$). Essa passou a ser conhecida como "Regra de Chargaff" (Figura 8).



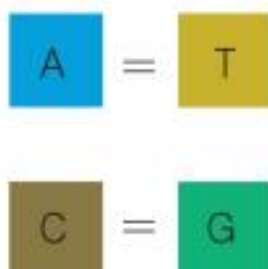
Figura 6: Oswald T. Avery (esq.) e seus colaboradores Colin MacLeod e Maclyn McCarty demonstraram o princípio transformante proposto por Frederick Griffith em 1928.



Figura 7: Martha Chase e Alfred Hershey; em seus experimentos com bacteriófagos, vírus que infectam bactérias, demonstraram definitivamente que o DNA é o material responsável pela transmissão dos caracteres hereditários.

Passos para a descoberta da estrutura do DNA

Entre 1944 e 1945, Maurice Wilkins (1916-) - Figura 9 - trabalhava em processos de separação de isótopos de urânio com espectrógrafos de massa no Projeto Manhattan, em Berkeley (EUA). Nesse período, leu o livro de



Quantidades de matéria* (em mol) das bases em DNA de diferentes fontes.

Organismo	Tecido	Adenina	Timina	Guanina	Citosina
<i>E. coli</i> (K12)	—	26,0	23,9	24,9	25,2
<i>D. pneumoniae</i>	—	29,8	31,6	20,5	18,0
<i>M. tuberculosis</i>	—	15,1	14,6	34,9	35,4
Levedura	—	31,3	32,9	18,7	17,1
<i>P. vivax</i> (ouriço do mar)	esperma	32,8	32,1	17,7	18,4
Arenque	esperma	27,8	27,5	22,2	22,6
Rato	tutano de osso	28,6	28,4	21,4	21,5
Humano	timo	30,9	29,4	19,9	19,8
Humano	fígado	30,3	30,3	19,5	19,9
Humano	esperma	30,7	31,2	19,3	18,8

*Por 100 mols de fosfato na forma hidrolisada do DNA.

Figura 8: Erwin Chargaff, após inúmeros estudos da composição do DNA em diversos tecidos e várias espécies, concluiu que a ocorrência das quatro bases no DNA obedece às relações $A = T$ e $C = G$. Esta regra é conhecida como "Regra de Chargaff".



Rosalind E. Franklin



Maurice Wilkins



John Randall

Figura 9: Rosalind E. Franklin trabalhou com Maurice Wilkins no estudo do DNA. Wilkins e John Randall trabalharam juntos na Unidade de Biofísica do King's College em Londres.

Schrödinger e se interessou pelo tema. Depois de ler os artigos publicados pelo grupo de Avery, Wilkins supôs que o DNA era o transmissor da hereditariedade e, em 1947, foi para Londres trabalhar com John T. Randall (1905-1984) - Figura 9 - sobre vários temas ligados ao DNA, na recém-criada Unidade de Biofísica do King's College. Iniciou os primeiros experimentos de difração de raios X com fibras de DNA em 1950, depois de receber uma pequena quantidade de DNA muito puro de Rudolph Signer, um bioquímico suíço.

Os experimentos de difração de raios X realizados no laboratório de Wilkins foram conduzidos por Rosalind Elsie Franklin (1920-1958) - Figura 9, que se juntou à Unidade de Biofísica do King's College em novembro de 1951 para trabalhar com DNA (sobre Franklin, vide Farias, 2001 ou Maddox, 2002). Ela produziu fibras muito finas de DNA e as irradiou com um feixe ultrafino de raios X. Em pouco tempo ela descobriu que o DNA se apresentava em duas formas diferentes, as quais denominou de A e B (Figura 10). A forma A, facilmente fotografada, correspondia a fibras de DNA desidratadas, enquanto a forma B correspondia a fibras molhadas de DNA. Apesar de mais difícil de registrar com os raios X, a forma B mostrava um padrão compatível com uma hélice (Figura 10). Uma vez que a água poderia ser atraída pelos grupos fosfato do DNA, e este poderia ser facilmente hidratado e desidratado, ela sugeriu que os fosfatos do DNA se localizavam no exterior da hélice e as bases nitrogenadas (A, C, G e T) estariam assim voltadas para o interior.

Ao mesmo tempo, no Caltech, Pauling (Figura 11) também estava trabalhando para resolver a estrutura do DNA, com o uso de poucos dados experimentais: apenas algumas fotos de difração de fios de cabelo e seu aguçado bom-senso químico. Essas duas ferramentas, associadas ao uso de modelos moleculares, levaram Pauling a deduzir a estrutura em hélice alfa para as proteínas.

A descoberta da estrutura do DNA

Nesse mesmo ano, Francis Harry Crick (1916-) - Figura 12 - estava tra-

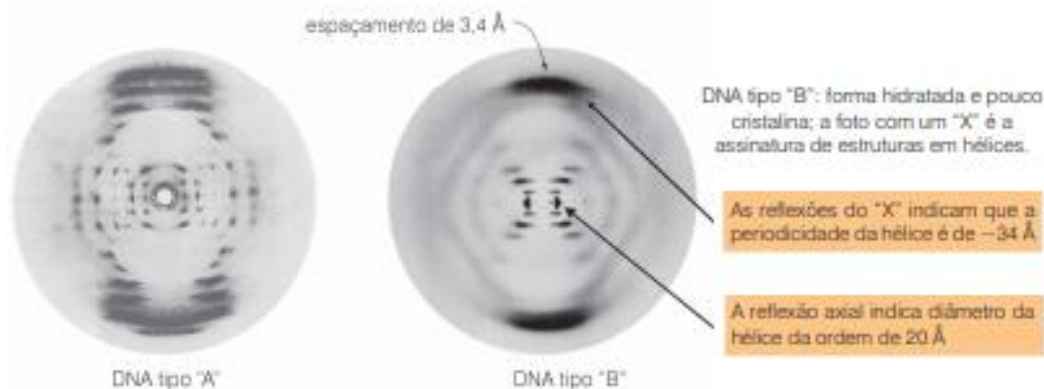


Figura 10: Duas fotos de difração de raios-X obtidas por Rosalind Franklin e Maurice Wilkins do DNA desidratado (A) e hidratado (B). O exame da foto de difração do DNA B permitiu a Watson e Crick concluírem diversas características da hélice.

balhando em sua tese de doutorado no Laboratório Cavendish, estudando a estrutura cristalina da hemoglobina, sob orientação de Max Perutz (1914-2002). Crick se formou em Física e durante a 2ª Guerra trabalhou para o Almirantado Britânico, indo estudar Biologia em 1947. Em 1949 se juntou à unidade chefiada por Max Perutz e sir William Lawrence Bragg (1890-1971) - Figura 12. Nesse período, Crick conheceu James Dewey Watson (1928-) - Figura 12 -, que muito influenciou sua carreira.

Watson, formado em Biologia e com um doutorado em Zoologia estu-

dando o efeito de raios X na multiplicação de bacteriófagos (vírus que infectam bactérias), realizou seu primeiro ano de pós-doutorado em Copenhague. Nessa época, conheceu Wilkins em um simpósio em Nápoles. Ao assistir a palestra de Wilkins, ficou estimulado pelas imagens de difração de DNA e decidiu mudar o rumo de sua pesquisa. No outono de 1951, mudou-se para o Laboratório Cavendish, trabalhando sob a supervisão de John C.

Kendrew (1917-1997) - Figura 12. Em pouco tempo Crick e Watson se tornaram amigos e descobriram seu interesse comum pela estrutura do DNA.

Eles consideraram que seria possível resolver a estrutura do DNA baseados nas imagens de difração obtidas por Franklin e Wilkins, do King's College, e por um cuidadoso exame das configurações estereoquímicas da cadeia de polinucleotídeos. A abordagem seria semelhante à usada por Pauling, usando modelos e dedução lógica. A primeira investida de Watson



Figura 11: Linus Pauling, fotografado com modelos da estrutura alfa hélice de proteínas, também se dedicou a resolver a estrutura do DNA.



Figura 12: Francis Crick e James Watson foram trabalhar juntos em Cambridge sob a supervisão de Max Perutz e John Kendrew, respectivamente, no grupo liderado por sir William Lawrence Bragg.

e Crick para resolver a estrutura foi naquele mesmo outono de 1951. Crick se encarregou de realizar os cálculos teóricos fundamentais sobre a difração de hélices. Nessa mesma época Watson foi assistir a um seminário de Franklin no King's College sobre seus dados de difração; porém, por não tomar nota dos dados apresentados por ela, errou a quantidade de água estimada por Franklin nas fibras de DNA. Baseados nessa informação incorreta, eles decidiram que a hélice de DNA deveria ser composta por três cadeias de nucleotídeos. Para poderem obter a regularidade de hélice observada nos experimentos de difração, decidiram que os fosfatos estariam posicionados para o interior da estrutura e não, para o exterior. Para compensar as cargas negativas dos fosfatos, adicionaram ao modelo íons magnésio no interior da hélice (Figura 13).

No ano seguinte, o filho de Linus Pauling, Peter, foi para Cambridge fazer doutorado com Kendrew. Por intermédio dele, Watson e Crick ficaram sabendo de um artigo de Pauling descrevendo a estrutura do DNA como uma tripla hélice, à semelhança da estrutura em que estavam trabalhando. Rapidamente perceberam o erro, pois os fosfatos para o interior da estrutura os tomariam

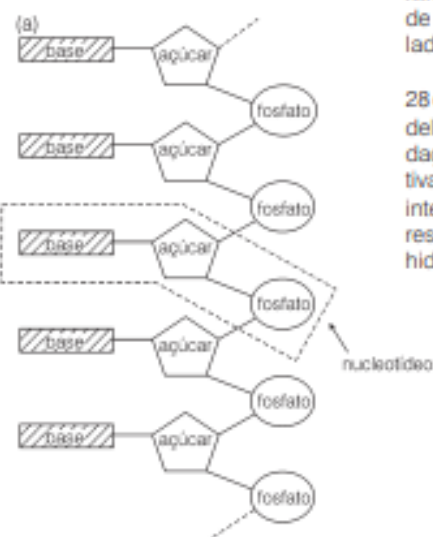


Figura 13: (A) Se sabia que o DNA era um polímero de nucleotídeos, onde um nucleotídeo e o seguinte são unidos por uma ligação tipo fosfodiéster. Esse fosfato confere a característica ácida ao DNA. (B) Primeira proposta de Watson e Crick para a estrutura do DNA: uma tripla hélice com os fosfatos no interior e as bases para fora (no modelo, para compensar as cargas negativas dos fosfatos, eles introduziram íons de magnésio).

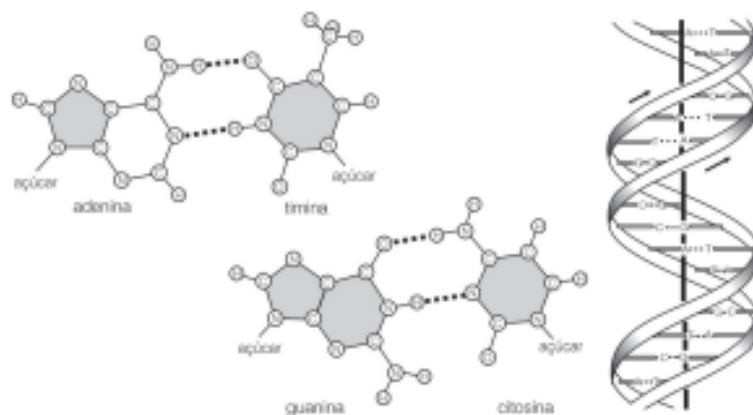


Figura 14: Empregando as bases desenhadas em cartões, Watson percebeu como deveriam se formar pontes de hidrogênio entre elas e a importância da relação de Chargaff. Nesta figura está ilustrada a primeira hipótese na qual o número de pontes de hidrogênio entre C e G é de apenas duas. Posteriormente verificaram a possibilidade de se formarem três pontes entre C e G. Finalmente, após alguns refinamentos no modelo, chegaram à proposta final da estrutura do DNA.

protonados e assim o DNA perderia o seu caráter ácido.

Esse erro de Pauling estimulou-os a retomarem com vigor essa linha de pesquisa, pois sabiam que não demoraria muito para Pauling perceber o seu erro e corrigi-lo. Em uma discussão com Wilkins no King's College sobre o artigo de Pauling, Watson viu novamente as figuras de difração do DNA na forma hidratada (B), obtidas por Franklin, e ficou sabendo de sua conclusão de que os fosfatos deveriam estar do lado de fora da hélice.

Depois de seguidas tentativas, em 28 de fevereiro de 1953 Watson fez modelos das bases (A, C, G e T) em pedaços de cartão (Figura 14), na tentativa de identificar possíveis modos de interação. Percebeu então que os pares A - T e C - G formavam ligações de hidrogênio, resultando em pares de

dimensões quase idênticas, o que permitiria que a hélice se mantivesse com o mesmo diâmetro, independente do pareamento de bases no interior. Esse arranjo satisfaz à regra proposta por Chargaff, pela qual $A = T$ e $C = G$. Depois de trabalharem sobre esse modelo por mais alguns dias, refinando o mesmo para que fosse coerente com os dados de difração de raios X, eles chegaram ao modelo final (Figura 14).

Pouco depois, em março, Wilkins e Franklin visitaram o laboratório onde trabalhavam Watson e Crick para ver o modelo (Figura 15). Nessa ocasião, Franklin mostrou seus dados que inquestionavelmente posicionavam os fosfatos para fora da hélice. Em uma visita subsequente de Linus Pauling, eles mostraram o modelo que foi rapidamente aprovado por Pauling. Em 2 de abril de 1953 submeteram seu mo-



Figura 15: Famosa fotografia de Watson e Crick explicando seu modelo aos visitantes do laboratório. A informação de Franklin de que os fosfatos deveriam estar do lado de fora da molécula foi crucial para a montagem do modelo.

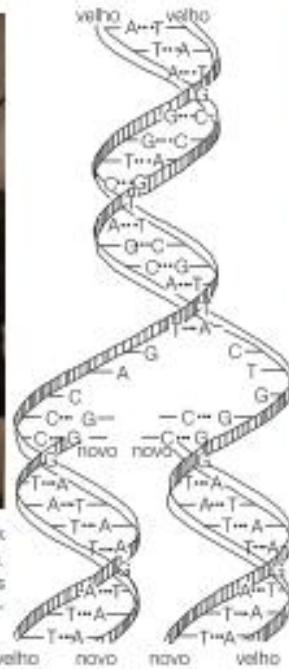


Figura 16: Foto de Maurice Wilkins, John Steinbeck, John Kendrew, Max Perutz, Francis Crick e James Watson, quando do recebimento dos Prêmios Nobel de Medicina ou Fisiologia, de Literatura e de Química, em 1962.

dela da estrutura do DNA em um artigo para a renomada revista *Nature*. A esse artigo seguiu-se a proposta de um esquema de replicação da molécula de DNA (mostrado acima, à direita).

No ano seguinte, Crick obteve seu título de doutor com a tese "Difração de raios X: polipeptídeos e proteínas". Mais tarde, e em colaboração com Sydney Brenner, Crick contribuiu com

avanços fundamentais no campo da síntese de proteínas e do código genético.

Em 1962, Crick, Watson e Wilkins compartilharam o Prêmio Nobel de Medicina ou Fisiologia pela descoberta da estrutura do DNA. No mesmo ano, Perutz e Kendrew dividiram o Prêmio Nobel de Química pelos estudos estruturais de proteínas globulares (Figura 16).

O modelo proposto por Watson e Crick explica perfeitamente os dados de difração de raios X e permite deduzir a forma de replicação da molécula de DNA. Representa até hoje um marco na história da Ciência, permitindo a fundação da área de pesquisa hoje conhecida como Biologia Molecular, na qual a manipulação do DNA recombinante tem papel fundamental.

Otávio Henrique Thiemann (thiemann@fsc.usp.br), mestre em Ciências Biológicas (Biofísica) pela Universidade Federal do Rio de Janeiro e doutor em Ciências (Biologia Celular, Molecular e do Desenvolvimento) pela Universidade da Califórnia em Los Angeles (UCLA), é docente do Instituto de Física de São Carlos da USP.

Bibliografia

CRICK, F. *What mad pursuit: a personal view of scientific discovery*. Nova Iorque, HarperCollins Publishers, 1990.

FARIAS, R.F. de. *As mulheres e o Prêmio Nobel de Química*. *Química Nova na Escola*, n. 14, p. 28-30, 2001.

MADDOX, B. *Rosalind Franklin: the dark lady of DNA*. Nova Iorque, HarperCollins Publishers, 2002.

SCHRODINGER, E. *O que é vida? O aspecto físico da célula viva seguido de mente e matéria e fragmentos autobiográficos*. Trad. J. de P. Assis e V.Y.K. de P. Assis. São Paulo: Fundação Editora da Unesp, 1997.

WATSON, J.D. *The double helix: a per-*

sonal account of the discovery of the structure of DNA. Nova Iorque, The New American Library, 1968.

Para saber mais

FERREIRA, R. *Watson & Crick. A história da descoberta da estrutura do DNA*. São Paulo: Odysseus, 2003.

HAUSMAN, R. *História da Biologia Molecular*. Ribeirão Preto, Funpec Editora, 2002.

STRATHERN, P. *Crick, Watson e o DNA em 90 minutos*. Trad. M.L.X.A. Borges. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2001.

Na Internet

Jornal Folha de São Paulo: DNA, 50 - A

molécula com estilo. 7/3/03 - <http://www1.folha.uol.com.br/folha/especial/2003/dna/fe0703200313.shtml>.

Página da Fundação Nobel sobre o Prêmio Nobel de Medicina ou Fisiologia de 1962 - <http://www.nobel.se/medicine/laureates/1962/index.html>.

Revista Pesquisa FAPESP: Dupla hélice - 50 anos. n. 86 (suplemento), abril 2003. http://revistapesquisa.fapesp.br/2222/transform.php?lang=pt§ion=SEC15&vel=xsl/pt/toc_section.xsl.

Sítio da Universidade Estadual de Oregon: *Linus Pauling and the race for DNA: a documentary history* - <http://osulibrary.orst.edu/specialcollections/coll/pauling/dna/index.html>.

Abstract: The Discovery of the Structure of DNA. From Mendel to Watson and Crick - The flow of scientific discovery is not always linear or occurs in a direct way. The events that led to the discovery of the three-dimensional structure of DNA by James Watson and Francis Crick represents a fascinating tale of modern science. The fiftieth anniversary of this discovery, an fundamental and of an overwhelming consequences for modern life and the technological development in several areas of current research, is celebrated this year. This paper is a brief report illustrating how scientific knowledge evolved culminating in this fundamental discovery.

Keywords: deoxyribonucleic acid, DNA, double helix, history of science

Anexo IV

	U	C	A	G	
U	UUU	UCU	UAU	UGU	U
	UUC	UCC	UAC	UGC	C
	UUA	UCA	UAA	UGA	A
	UUG	UCG	UAG	UGG	G
C	CUU	CCU	CAU	CGU	U
	CUC	CCC	CAC	CGC	C
	CUA	CCA	CAA	CGA	A
	CUG	CCG	CAG	CGG	G
A	AUU	ACU	AAU	AGU	U
	AUC	ACC	AAC	AGC	C
	AUA	ACA	AAA	AGA	A
	AUG	ACG	AAG	AGG	G
G	GUU	GCU	GAU	GGU	U
	GUC	GCC	GAC	GGC	C
	GUA	GCA	GAA	GGA	A
	GUG	GCG	GAG	GGG	G

TABELA 1	ALANINA (A)	ARGININA (R)	ASPARAGINA	ÁCIDO GLUTÂMICO	CISTEÍNA (C)	FENILALANINA	GLUTAMINA	GLICINA	HISTIDINA	LEUCINA	ISOLEUCINA	LISINA	METIONINA	PROLINA	SERINA	TREONINA	TIROSINA	TRÍPTOFANO	VALINA	ÁCIDO ASPARTICO
AAA	0.05	0.02	0.06	0.04	0.03	0.03	0.01	0.03	0.09	0.09	0.02	1.83	0.06	0.02	0.03	0.03	0.07	0.02	0.03	0.05
AAC	0.02	0.10	2.04	0.02	0.02	0.04	0.01	0.03	0.02	0.04	0.01	0.05	0.03	0.01	0.04	0.05	0.11	0.03	0.02	0.04
AAG	0.01	0.04	0.06	0.01	0.03	0.03	0.11	0.03	0.08	0.01	0.02	1.73	0.06	0.02	0.03	0.03	0.01	0.02	0.02	0.03
AAU	-0.02	0.11	2.04	0.02	0.02	0.03	0.01	0.02	0.03	0.02	0.01	0.05	0.03	0.05	0.02	0.03	0.11	0.03	0.02	0.04
ACA	0.01	0.01	0.02	0.04	0.04	0.02	0.04	0.03	0.01	0.10	0.04	0.08	0.10	0.07	0.02	2.09	0.02	0.02	0.04	0.03
ACC	0.01	0.04	0.02	0.01	-0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.01	0.05	0.05	0.04	0.02	0.02	1.89	0.02	0.07	-0.04	0.03
ACG	0.11	0.01	0.02	0.03	-0.02	0.03	0.03	0.03	0.01	0.04	0.12	0.11	0.10	0.13	0.06	1.97	0.02	0.06	0.01	0.03
ACU	0.03	0.03	0.02	0.05	0.03	0.03	0.06	0.02	0.04	-0.02	0.02	0.03	0.03	0.01	0.03	1.44	0.09	0.01	0.02	0.01
AGA	0.02	2.11	0.01	0.02	0.02	0.04	0.01	0.03	0.02	0.03	0.02	0.04	0.03	0.01	0.02	0.04	0.01	0.03	0.02	0.04
AGC	0.01	0.09	0.03	0.04	0.04	0.08	0.06	0.09	0.07	0.01	0.04	0.04	0.07	0.04	2.21	0.09	0.02	-0.02	0.04	0.03
AGG	0.01	1.83	0.03	0.03	0.02	0.09	0.03	0.02	0.01	0.04	0.11	0.09	0.10	0.03	0.02	0.03	0.04	0.08	0.02	0.04
AGU	0.05	0.02	0.06	0.04	0.03	0.03	0.05	0.02	0.10	0.06	0.02	0.03	0.05	0.01	2.03	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02
AUA	0.01	-0.03	0.03	0.03	0.01	0.02	0.03	0.02	0.01	0.07	1.21	0.11	0.10	0.02	0.06	0.09	0.04	0.08	0.02	0.04
AUC	0.11	0.30	0.03	0.05	0.01	0.07	0.03	0.03	0.01	0.04	2.11	0.11	0.10	0.05	0.06	0.03	0.05	0.04	0.01	0.03
AUG	0.02	0.02	0.01	0.02	0.04	0.05	0.0	0.03	0.03	0.04	0.01	0.06	1.13	0.01	0.02	0.01	0.03	0.03	0.02	0.01
AUU	0.01	0.02	0.03	0.02	-0.02	0.03	0.03	0.02	0.01	0.04	2.11	0.01	0.10	0.03	0.06	0.01	0.05	0.08	0.02	0.04

TABELA 2	ALANINA (A)	ARGININA (R)	ASPARAGINA	ÁCIDO GLUTÂMICO	CISTEÍNA (C)	FENILALANINA	GLUTAMINA	GLICINA	HISTIDINA	LEUCINA	ISOLEUCINA	LISINA	METIONINA	PROLINA	SERINA	TRICORONA	TIROSINA	TRIPTOFANO	VALINA	ÁCIDO ASPARTICO
CAA	0.01	0.09	-0.05	0.04	-0.02	0.02	1.46	0.13	0.14	0.07	0.05	0.08	0.07	0.09	0.01	0.04	0.02	0.02	0.01	0.03
CAC	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.01	0.06	0.02	1.92	0.05	0.02	0.01	0.03	0.01	0.02	0.07	0.03	0.03	0.02	0.03
CAG	0.04	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	1.18	0.02	0.01	0.07	0.02	0.01	0.06	-0.01	0.03	0.02	0.07	0.01	0.02	0.03
CAU	0.11	0.02	0.03	0.03	0.01	0.05	0.03	0.03	1.11	0.04	0.08	0.01	0.10	0.02	0.06	0.03	0.05	0.04	0.01	0.03
CCA	0.04	0.19	0.04	0.01	-0.03	0.02	0.02	0.07	0.04	0.01	0.04	0.03	0.07	1.36	0.02	0.01	0.02	0.01	0.03	0.05
CCC	0.02	0.02	0.04	0.01	0.02	0.05	0.01	0.03	0.03	0.04	0.01	0.07	0.03	1.38	0.02	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01
CCG	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.06	0.02	0.01	0.04	0.02	0.02	0.05	2.01	0.01	0.01	0.06	0.02	0.01	0.01
CCU	0.02	0.02	0.03	0.01	-0.04	0.04	0.06	0.03	0.07	0.01	0.05	0.08	0.07	1.19	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02
CGA	0.02	2.01	0.02	0.01	0.01	0.04	0.02	0.01	0.03	0.04	0.0	0.06	0.03	0.04	0.02	0.03	0.01	0.02	0.03	0.03
CGC	0.02	2.12	0.03	0.02	0.02	0.05	0.01	0.07	0.03	0.04	0.01	0.06	0.03	0.02	0.02	0.05	0.01	0.03	0.01	0.04
CGG	0.01	1.62	0.05	0.03	0.01	0.02	0.01	0.02	0.04	0.11	0.04	0.06	0.07	0.04	0.04	0.03	0.02	-0.03	0.03	0.02
CGU	0.02	1.11	0.04	0.02	0.01	0.04	0.01	0.03	0.07	0.04	0.01	0.04	0.03	0.01	0.02	0.05	0.01	0.03	0.03	0.04
CUA	0.01	0.00	-0.03	0.02	0.01	0.05	0.03	0.02	0.01	1.84	0.11	0.09	0.08	0.03	0.06	0.03	0.04	0.07	0.02	0.03
CUC	0.01	0.09	0.02	0.04	-0.02	0.01	0.02	0.03	0.01	1.11	0.05	0.04	0.03	0.04	0.09	0.06	0.01	-0.03	0.02	0.01
CUG	0.02	0.03	0.03	0.01	0.04	0.05	0.03	0.02	0.01	1.47	0.01	0.11	0.09	-0.03	0.11	0.03	0.07	0.06	0.01	0.02
CUU	0.03	0.0	0.03	0.05	0.04	0.05	0.04	0.02	0.01	1.46	0.04	0.02	0.0	-0.06	0.03	0.03	0.02	0.05	0.02	0.03

TABELA 3	ALANINA (A)	ARGININA (R)	ASPARAGINA	ÁCIDO GLUTÂMICO	CISTEÍNA (C)	FENILALANINA	GLUTAMINA	GLICINA	HISTIDINA	LEUCINA	ISOLEUCINA	LISINA	METIONINA	PROLINA	SERINA	TRONINA	TIROSINA	TRIPTOFANO	VALINA	ÁCIDO ASPÁRTICO
GAA	0.02	0.03	0.04	2.05	0.03	0.03	0.05	0.02	0.10	0.07	0.02	0.03	0.06	0.01	0.02	0.04	0.06	0.02	0.01	0.05
GAC	0.02	0.01	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.04	0.04	0.01	0.07	0.01	0.01	0.03	0.05	0.01	0.02	0.03	2.14
GAG	0.05	0.01	0.05	1.85	0.03	0.03	0.06	0.03	0.07	0.04	0.02	0.02	0.03	0.01	0.04	0.06	0.09	0.02	0.01	0.05
GAU	0.02	0.11	0.04	0.02	0.01	0.07	0.01	0.13	0.04	0.04	0.01	0.06	0.03	0.02	0.02	0.05	0.01	0.02	0.03	2.04
GCA	2.01	0.09	0.04	0.04	0.02	0.02	0.03	0.03	0.08	0.09	0.04	0.09	0.07	0.07	0.03	0.07	0.02	0.04	0.04	0.03
GCC	2.11	0.09	0.03	0.04	0.01	0.02	0.03	0.0	0.01	0.01	0.05	0.03	0.07	0.07	0.01	0.07	0.02	0.01	0.04	0.03
GCG	2.01	0.09	0.04	0.04	0.02	0.02	-0.06	0.03	0.01	0.11	0.04	0.05	0.07	0.06	0.02	0.07	0.08	0.11	0.04	0.03
GCU	2.02	0.10	0.03	0.02	0.02	0.04	0.02	0.03	0.03	0.04	0.01	0.01	0.03	0.02	0.02	0.03	0.01	0.03	0.02	0.04
GGA	0.04	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.05	2.03	0.10	0.09	0.02	0.03	0.06	0.01	0.03	0.01	0.07	0.02	0.02	0.05
GGC	0.01	0.03	0.04	0.04	-0.04	0.02	0.05	2.45	0.01	0.11	0.03	0.05	0.08	0.01	0.02	0.09	0.02	0.06	0.04	0.04
GGG	0.04	0.01	0.02	0.02	0.02	0.04	0.01	2.13	0.02	0.04	0.01	0.04	0.03	0.02	0.02	0.04	0.01	0.03	0.03	0.03
GGU	0.01	0.03	0.03	0.04	0.02	0.03	0.06	2.23	0.10	0.01	0.02	0.04	0.03	0.02	0.03	0.01	0.04	0.01	0.02	0.01
GUA	0.01	0.03	0.04	0.04	-0.01	0.02	0.03	0.02	0.01	0.04	0.01	0.09	0.10	0.03	0.06	0.03	0.05	0.08	2.01	0.03
GUC	0.01	0.0	0.02	0.05	0.04	0.01	0.03	0.02	0.01	0.04	0.11	0.10	0.10	0.03	0.06	0.03	0.05	0.08	2.01	0.01
GUG	0.11	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.02	0.01	0.04	0.10	0.10	0.10	0.13	0.06	0.13	0.04	0.08	2.11	0.03
GUU	0.01	0.03	0.04	0.03	0.13	0.03	0.06	0.03	0.00	0.07	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.14	0.01	0.02	1.92	0.05

TABELA 4	ALANINA (A)	ARGININA (R)	ASPARAGINA	ÁCIDO GLUTÂMICO	CISTEÍNA (C)	FENILALANINA	GLUTAMINA	GLICINA	HISTIDINA	LEUCINA	ISOLEUCINA	LISINA	METIONINA	PROLINA	SERINA	TREONINA	TIROSINA	TRIPTOFANO	VALINA	ÁCIDO ASPÁRTICO
UAA	0.01	0.02	-0.05	-0.04	0.02	0.01	0.04	0.03	0.07	0.01	0.04	0.08	0.07	0.06	0.02	0.04	0.02	0.02	0.02	0.03
UAC	0.01	-0.37	0.02	0.02	0.03	0.06	0.0	0.03	0.04	0.04	0.01	0.09	0.03	0.01	0.02	0.05	0.56	0.03	0.03	0.04
UAG	0.07	0.06	0.01	0.12	0.04	0.0	0.01	0.01	0.02	0.04	0.02	0.01	0.06	0.01	0.03	0.04	0.09	0.03	0.01	0.01
UAU	0.02	0.11	0.04	0.02	0.01	0.07	0.0	0.13	0.04	0.14	0.01	0.09	0.03	0.01	0.02	0.05	0.81	0.03	0.03	0.04
UCA	0.02	0.02	0.06	0.04	0.02	0.03	0.06	0.12	0.03	0.02	0.05	0.09	0.07	0.09	1.48	0.07	0.02	0.01	0.03	0.05
UCC	0.01	0.29	0.05	0.04	0.02	0.02	0.06	0.13	0.17	0.11	0.05	0.09	0.17	0.09	1.27	0.09	0.02	0.03	0.04	0.05
UCG	0.09	0.03	0.03	0.02	0.0	0.02	0.03	0.01	0.01	0.05	0.01	0.02	0.03	0.03	1.26	0.02	0.04	0.07	0.02	0.03
UCU	0.01	0.27	0.04	0.05	0.04	0.02	0.06	0.13	0.17	0.11	0.05	0.09	0.17	0.09	1.29	0.09	0.02	0.0	0.03	0.04
UGA	0.01	0.03	0.02	0.05	0.03	0.03	0.06	0.03	0.01	0.07	0.02	0.01	0.05	0.01	0.03	0.02	0.09	0.02	0.01	0.03
UGC	0.02	0.01	0.03	0.02	0.97	0.05	0.01	0.03	0.04	0.04	0.01	0.06	0.02	0.01	0.01	0.03	0.01	0.03	0.02	0.04
UGG	0.02	0.02	0.05	0.03	0.03	0.02	0.01	0.03	0.04	0.06	0.02	0.01	0.04	0.02	0.03	0.03	0.07	1.39	0.02	0.03
UGU	0.05	0.03	0.06	0.05	0.93	0.03	0.16	0.03	0.10	0.09	0.02	0.02	0.06	0.01	0.03	0.04	0.09	0.02	0.02	0.05
UUA	0.01	0.03	0.03	0.05	0.01	0.03	0.03	0.04	0.02	0.94	0.01	0.02	0.03	0.02	0.06	0.01	0.05	0.08	0.02	0.04
UUC	0.14	0.02	0.03	0.05	0.01	1.59	0.03	0.03	0.01	0.05	0.11	0.11	0.10	0.03	0.26	0.13	0.05	0.08	0.01	0.04
UUG	0.02	0.10	0.09	0.02	0.02	0.04	0.0	0.11	0.03	1.27	0.02	0.08	0.03	0.08	0.02	0.05	0.07	0.02	0.01	0.02
UUU	0.11	0.30	0.03	0.05	0.02	1.29	0.03	0.03	0.01	0.74	0.11	0.11	0.10	0.03	0.26	0.13	0.05	0.08	0.01	0.04

Anexo V

Tipos de RNA

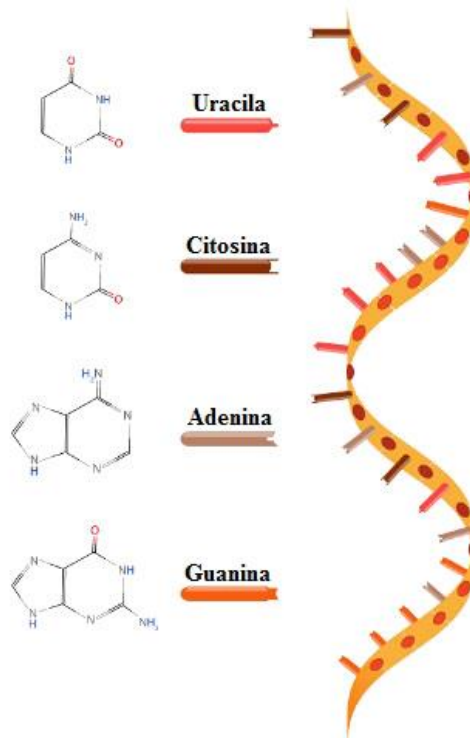
O RNA é uma molécula formada por ribonucleotídeos, isto é, nucleotídeos constituídos por um grupo fosfato, uma ribose e uma base nitrogenada, que pode ser adenina, guanina, citosina ou uracila. Os ribonucleotídeos são ligados entre si por ligações fosfodiéster. A maioria das moléculas de RNA é constituída de uma única cadeia e, por isso, considera-se que são de fita simples.

Essencial na síntese de proteínas, a molécula de RNA é um **ácido nucleico** geralmente transcrito a partir de uma molécula de DNA (**processo de transcrição gênica**). Em organismos eucariotos, o RNA é transcrito a partir do DNA cromossômico no interior do núcleo da célula ou em organelas como a mitocôndria ou cloroplastos. Já nos procariotos, a transcrição ocorre em uma região denominada de **nucleoide**.

→ Tipos de RNA

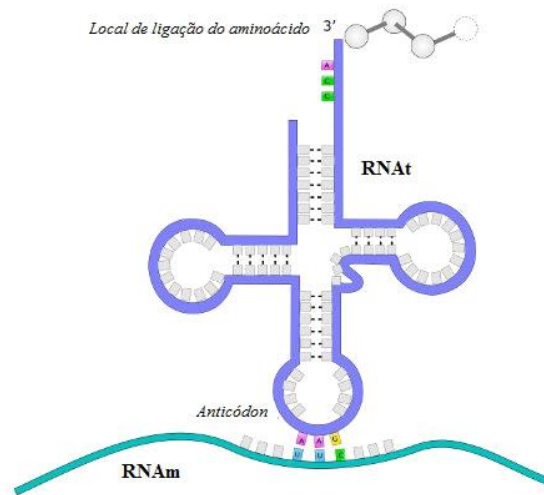
Classicamente, consideramos três classes de RNA: o RNA ribossômico, o RNA transportador e o RNA mensageiro. Essas classes são encontradas tanto em organismos procariontes quanto em eucariontes.

- **RNA mensageiro (RNAm):** Essa classe de RNA, que é responsável por codificar as proteínas, é o único tipo de RNA que traz, em parte de sua sequência, os códon (cada códon é constituído de três bases nitrogenadas e codifica um aminoácido ou o término do processo de síntese proteica). O RNAm é, portanto, o fornecedor das informações para o processo de síntese proteica, também chamado de **tradução**, uma vez que traduz a informação de uma linguagem de sequência de nucleotídeos para uma linguagem de sequência de aminoácidos. É, sem dúvidas, a classe mais heterogênea, podendo conter até mais de 6000 nucleotídeos.



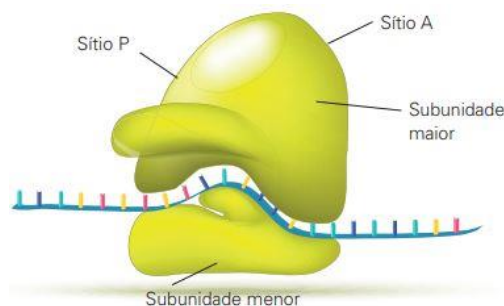
O RNA é um ácido nucleico formado por uma fita simples

- **RNA transportador ou de transferência (RNAt):** O RNA transportador faz o transporte de um aminoácido específico para a síntese de proteína. Essa classe de RNA, que é semelhante em procariontas e eucariontas, é representada em duas dimensões como um trevo de quatro folhas, pois a estrutura da molécula apresenta-se dobrada em quatro alças. Uma dessas alças é a do anticódon, região responsável por reconhecer o códon que complementa a molécula do RNAm. Existe ainda uma região denominada de eixo aceptor, local onde o aminoácido é ligado e, com isso, permite seu uso na síntese proteica. É o conjunto de RNAt específicos para cada um dos aminoácidos que constitui o “código genético”, dicionário usado para a tradução.



Observe a interação entre o RNAm e o RNAt durante o processo de síntese de proteínas

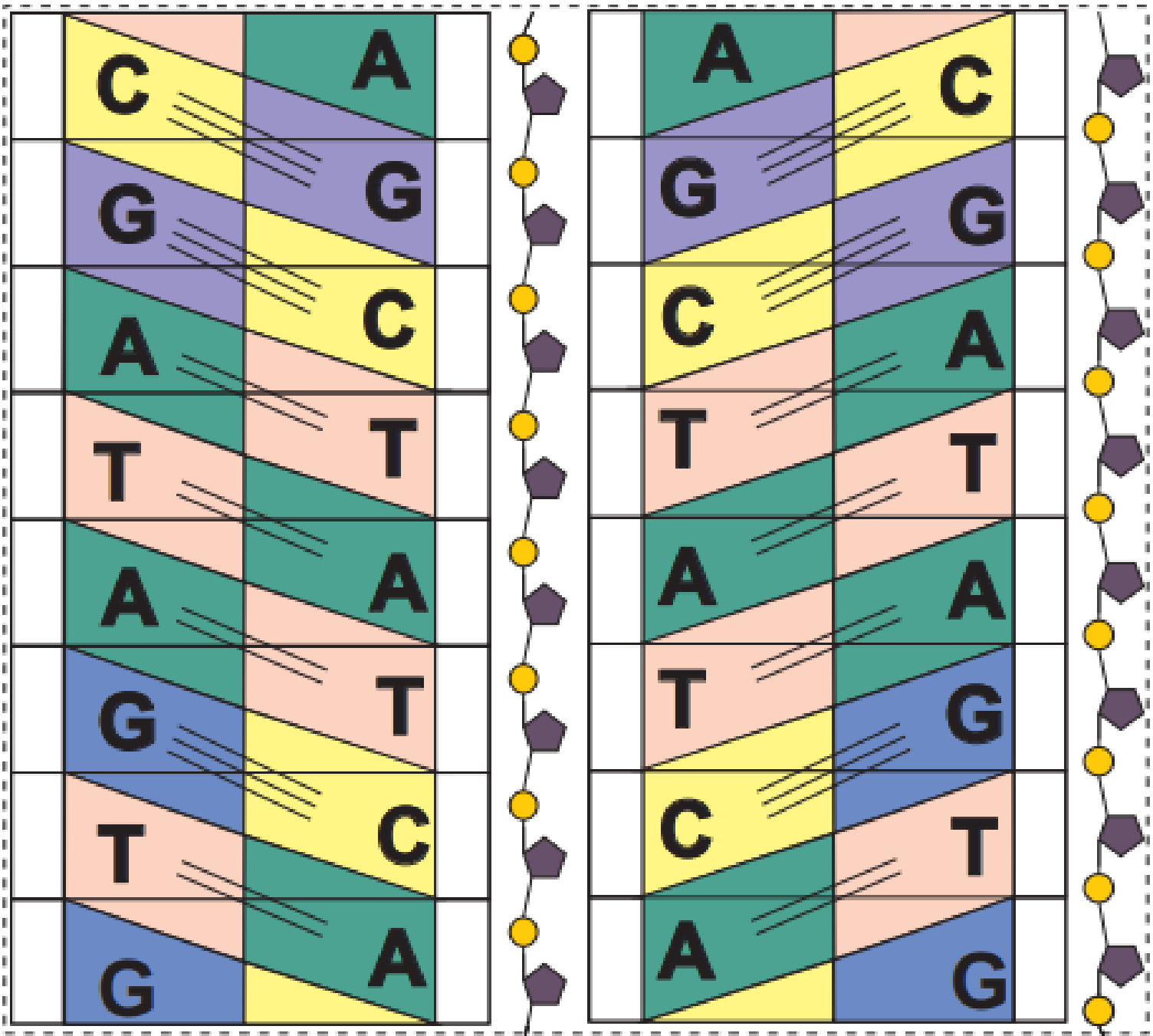
- **RNA ribossômico (RNAr):** Os RNA ribossômicos, são aqueles que constituem cada ribossomo. Assim que são sintetizados, os RNAr acumulam-se, formando regiões conhecidas como nucléolos no núcleo eucariótico. Nesses locais, os RNAr combinam-se com proteínas e originam os ribossomos.



Estrutura esquematizada de um ribossomo com suas duas subunidades durante o processo de tradução. Os sítios P (peptidil ou de ligação do peptídeo) e A (aminoacil ou de ligação do aminoácido) estão indicados apenas na subunidade maior, embora também envolvam a subunidade menor.

SANTOS, Vanessa Sardinha dos. "Tipos de RNA"; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/biologia/tipos-rna.htm>. Acesso em 10 de março de 2020.

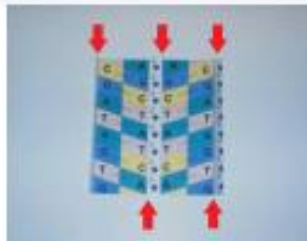
Anexo VI



Anexo VII



1 - Imprima o modelo e recorte a linha pontilhada.



2 - Dobre as linhas contínuas para baixo (setas).



3 - O papel ficará com um formato de um bloco de texto.



4 - Posicione o papel como acima e dobre as linhas horizontais de cada triângulo para baixo e desdobre.



5 - Siga o mesmo passo até a última linha da sequência.



6 - Agora sobre as linhas diagonais. As dobras devem ser feitas com a intenção de fazer uma escada em espiral. Dobre as laterais, de maneira que fiquem em pé (seta).



7 - Enquanto estiver dobrando segure o modelo com uma mão para que fique com um formato cilíndrico.



8 - Solte e endireite o modelo de forma que seja possível visualizar uma dupla hélice.

Fontes:

Texto
- SEPPEL, MN & LORESTO ELS. Estrutura do DNA em Origami - Possibilidades Didáticas. Rev. Genética da Escola, 02 01, 3-5, 2007.
- CORREA, E et al. Origami de DNA. In: 53º Congresso Nacional de Genética, Rio de Janeiro-RJ. Disponível em: <http://www.odnavae.escola.org/origami.pdf>

Figuras

<http://www.hallucinogenia.com/td/watson-crick.jpg>
<http://www.chem.yale.edu/~chem125/125/lecty/DNA/dnaa.jpg>
http://info.cancerresearchuk.org/images/pimagine/ys_DNA_4and5
http://laspao.files.wordpress.com/2007/03/origami_es_tudo_dendright.jpg
<http://evolution.biokey.edu/evolibrary/images/Interview/mastrucum.g>
http://www.fy.co.uk/bilibili/ebesu/05/05bavaua05.jpg_87.jpg

Visite o nosso Site!
Se você quer saber mais sobre
Biotecnologia, acesse o site do nosso
Projeto de Difusão Biotecnológica em
www.bioinfo.ufpb.br/difusao



Núcleo de Difusão Biotecnológica
<http://www.bioinfo.ufpb.br/ndb>

APÊNDICES DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Apêndice I

Roteiro da atividade: Determinando a estrutura do DNA

Tema central: Estrutura do DNA

Objetivo da atividade: Identificar e compreender os dados que suportam o modelo de estrutura de DNA.

Proposta de trabalho: A atividade será realizada em grupo com aproximadamente 4 alunos, conforme procedimentos descritos abaixo.

1º Passo: Façam uma análise dos resultados descritos no material recebido. Fiquem atentos às concentrações das bases nitrogenadas, primeiramente em cada um dos organismos (isoladamente) e depois comparando uns com os outros. Por ser um resultado de experimento, alguns erros podem ter ocorridos, por isso alguns dados podem não ser tão precisos assim, então foquem na aproximação dos resultados.

2º Passo: Criem argumentos que sustentem e expliquem como esses dados suportam a ideia do modelo da estrutura do DNA conhecida e anotando-os em uma folha. Fiquem atentos ao comportamento da estrutura do DNA após a hidratação. Qual o formato dessa molécula? O que isso indica? Anotem como esses dados suportam a ideia do modelo da estrutura do DNA.

3º Passo: Entrega das anotações para o professor.

Apêndice II

ATIVIDADE DE REFLEXÃO

NOME: _____ DATA: ____ / ____ / ____

1 – Cada códon determina a incorporação de apenas um aminoácido. E cada aminoácido tem apenas um códon que determine sua incorporação no peptídeo nascente? Discuta usando exemplos.

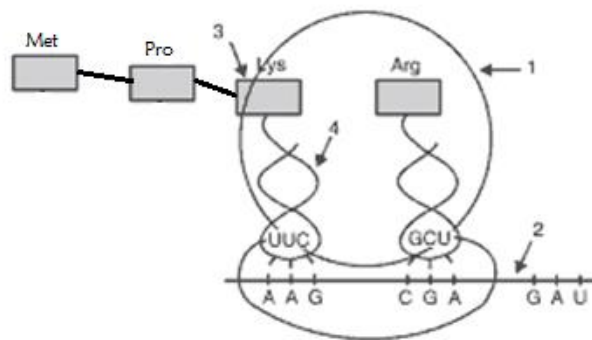
2 – A troca de um nucleotídeo no códon levará, obrigatoriamente, à uma mudança no aminoácido codificado? Dê exemplos.

3 – A sequência de RNAm descrita abaixo coordenará a síntese de qual oligopeptídeo?

5' AGUUUAUGUGGAAAUCUUAGAAAAAAA 3'

4 – O que aconteceria com esse oligopeptídeo se a fita molde do DNA que origina esse RNAm tivesse a 12ª base da sequência trocada de Citosina por Timina?

5 - Observe a figura abaixo, que representa o processo de tradução da informação genética:

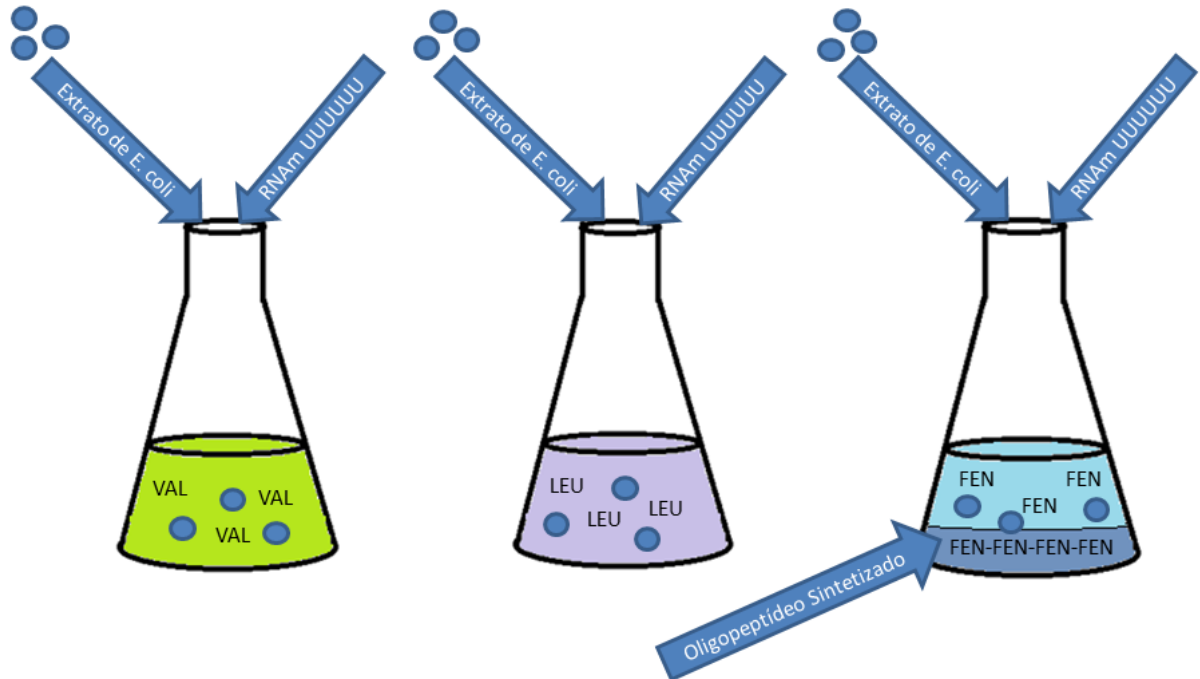


Analise as afirmações abaixo, todas estão com algum erro. Reescreva cada frase a tornando verdadeira, se necessário.

- 3 representa a proteína carregada pelo RNA mensageiro.
- 4 representa o RNA transportador que carrega a mensagem.
- 1 representa a mitocôndria onde ocorre o processo de tradução.
- 4 representa o RNA mensageiro que está sendo carregado pelo RNA transportador representado pelo número 1.

Apêndice III

EXPERIMENTO DE NIRENBERG E MATHAEI DEMONSTRANDO A FORMAÇÃO DE OLIGOPEPTÍDEOS A PARTIR DE UMA SEQUÊNCIA DE RNAm



Usando um RNAm sintético poli-U, os cientistas encontraram apenas oligopeptídeos sintetizados nos frascos contendo a fenilalanina, indicando que a trica UUU codifica este aminoácido.

5.3 - Análise da sequência didática

Inicialmente a programação era realizar a aplicação da sequência didática em turmas em 2019 e 2020, porém em função da aprovação tardia no CEP, em 2019 a sequência didática foi realizada com uma versão reduzida, na qual não foi realizada a atividade com o resultado do experimento que descobriu o código genético (aula 5). Com essa compactação, o texto da aula 2 não foi lido e nem discutido em sala, os alunos levaram para casa e por conta própria fizeram o estudo dele. A aula 4 também sofreu uma adaptação, sendo que os alunos apenas levaram para casa o texto sobre os tipos de RNA e o estudaram sozinhos. Esta adaptação foi necessária, uma vez que estávamos no final do ano letivo (final de novembro e início de dezembro) e não tinha muitas aulas disponíveis. Esta aplicação, mesmo de forma adaptada, foi muito importante para as minhas análises, uma vez que em 2020 eu não tive oportunidade para uma nova aplicação, dada a situação atual em que nos encontramos (pandemia pela Covid-19).

O levantamento de conhecimentos prévios foi feito no 1º momento da sequência didática, em que todos os alunos foram questionados sobre o que eles entendiam por genética, embora também houvesse sido feito, anteriormente, com a aplicação do questionário “pré-teste” preenchido pelos participantes da pesquisa. Responderam o questionário “pré-teste” vinte e seis alunos que concordaram em participar dessa pesquisa com as assinaturas dos termos TALE e TCLE, deixando claro que as atividades realizadas na sequência didática foram oportunizadas para todos os alunos.

A análise da SD foi feita considerando a participação dos estudantes nas atividades desenvolvidas durante sua aplicação na turma de 3º ano, nas respostas dos questionários apresentadas pelos estudantes que concordaram em participar da pesquisa e na experiência decorrente do tempo de prática docente (apêndices 1 e 2). Vale ressaltar que esta turma era considerada heterogênea em nível de conhecimento, sendo que a maioria apresentava uma defasagem considerada, que foi se acumulando aos longos dos anos. Apesar disso, havia alunos excelentes, com um grande conhecimento, que acabavam “puxando” a turma.

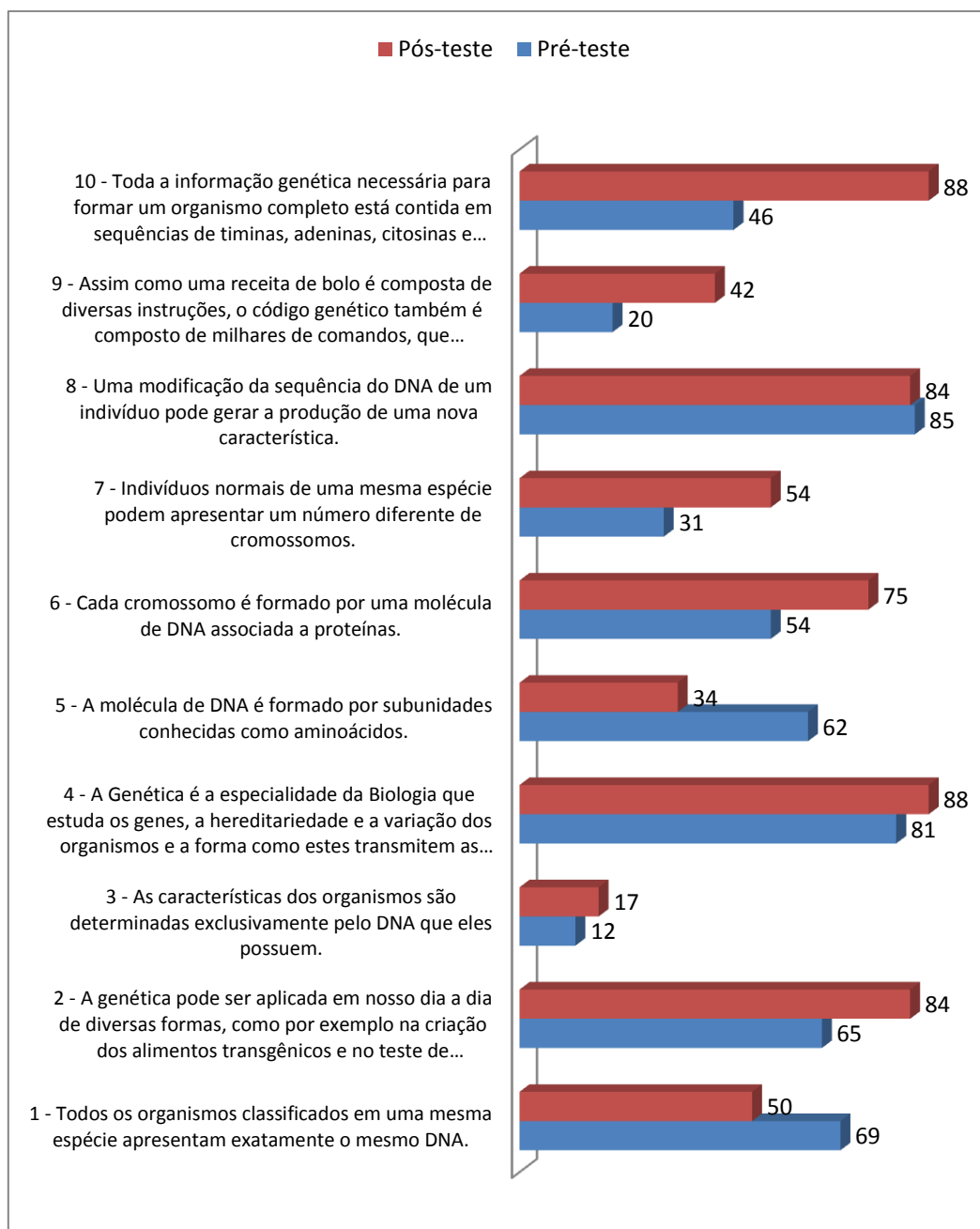
Antes de iniciar a SD foram aplicados 26 questionários pré-teste os alunos menores assinaram o TALE e seus responsáveis assinaram o TCLE, bem como os alunos maiores de idade. Os questionários pós-teste foi aplicado em 24 alunos, logo após a finalização de toda a SD. Essa diferença da quantidade de alunos entre os dois questionários foi decorrente do questionário

pós-teste ter sido aplicado no último dia do ano letivos desses alunos, e que alguns já não comparecessem a escola.

O questionário pré-teste tem como principal finalidade avaliar o conhecimento prévio do aluno, ou seja, ter uma ideia do conhecimento que ele tinha a fim de comparar com o conhecimento adquirido ao longo do trabalho a partir da análise comparativa dos dois questionários (pré e pós-teste).

Os resultados e as interpretações das respostas do questionário dos alunos estão apresentados abaixo em forma de gráfico.

Gráfico 1: Relação de acertos (em %) dos questionários pré e pós-teste.



Analisando o resultado total, os alunos obtiveram uma média de 5,85 acertos em 10 possíveis no questionário pré-teste, e uma média de 6,29 acertos em 10 possíveis no questionário pós-teste. Ainda de acordo com os resultados observados no gráfico 1, podemos concluir que nas questões 1 e 5 houveram uma diminuição considerável de acertos no questionário pós teste, sendo que a primeira questão *“Todos os organismos classificados em uma mesma espécie apresentam exatamente o mesmo DNA.”*, os alunos podem ter confundido a estrutura com a organização da molécula, fazendo-os acreditar que toda molécula de DNA seja igual. Já na questão 5 *“A molécula de DNA é formada por subunidades conhecidas como aminoácidos.”* Houve uma redução de quase 50% de acertos, podendo ser explicado pelo fato da estrutura do DNA ter sido trabalhada no início da SD e a síntese da proteína ter sido trabalhado por último, isso pode ter levado aos alunos a gravarem melhor a subunidade da proteína e não do DNA, podendo ter ocorrido um erro na aprendizagem das estruturas das duas moléculas. Este fato pode ser uma falha na estimulação da aprendizagem desses conceitos nesta aplicação sequência didática, uma vez que o texto *“A descoberta da estrutura do DNA: de Mendel a Watson e Crick”* da revista *“Química nova na escola”* não foi explicado pelo professor. Pode-se considerar também o fato desse questionário ter sido aplicado no último horário do último dia de aula, onde os alunos já estavam desestimulados e prontos para entrar de férias.

Vale ressaltar que as questões 4 e 8 foram as mais acertadas pelos alunos nos dois questionários, sendo que a questão 4 retrata o conceito de genética e a 8 fala sobre a produção de uma nova característica através da modificação da sequência do DNA. Isso pode ter ocorrido por ter iniciado os conceitos de genética e os trabalhos de Mendel antes da aplicação da minha SD, para não prejudicar muito os meus alunos, uma vez que houve um atraso para eu receber o parecer favorável da Plataforma Brasil. Possivelmente os alunos assimilaram bem o conteúdo uma vez que os resultados da minha avaliação interna foram considerados por mim satisfatórios.

Outro ponto que vale comentar também foram os aumentos consideráveis de acertos nas questões 2, 3, 6, 7, 9 e 10, sendo que a questão 2 falava sobre a aplicação da genética em nosso dia-a-dia, isso foi muito satisfatório, pois retrata que os alunos conseguiram assimilar que a genética está muito mais próximo deles, do que eles possam imaginar. E as questões 6, 7, 9 e 10 falavam sobre a estrutura e organização do DNA, bem como ela é importante para a informação genética na formação dos indivíduos. Esse resultado foi bastante satisfatório, o que confirma que houve um ganho significativo na aprendizagem dos alunos, uma vez que esse processo foi a base da minha SD.

Fato esse que é corroborado com Moreira e Souza (2016), pois, a partir dos resultados tratados pode-se deduzir que a iniciação dos conteúdos com uma problematização inicial a partir dos conhecimentos prévios dos alunos apresentou uma dupla função: fortaleceu a inter-relação professor-aluno, aluno-aluno, promovendo as relações entre os conceitos e o cotidiano, de tal modo como serviu de base para a programação das intervenções futuras – a organização do conhecimento, que foi preparada a partir das exigências identificadas e promoveu o estabelecimento de afinidades entre os conhecimentos prévios e as novas informações. Igualmente, instigou o desenvolvimento de habilidades de levantamento de hipóteses, elaboração de conceitos, resolução de problemas e autonomia a partir da prática – desenvolvimento do conhecimento. Desse modo, este método de ensino pode se compor uma respeitável ferramenta para o planejamento do educador, ao passo que permite explorar as questões menos assimiladas pelos alunos de modo mais efetiva e potencializar o método de aprendizagem.

De acordo com o gráfico 2 (abaixo) a sequência didática teve uma avaliação positiva pelos alunos, sendo relatado a facilidade para a compreensão dos processos de transmissão da informação genética, apesar de citarem também a dificuldade na produção dos modelos. As figuras 3, 4, 5 e 6 mostram modelos produzidos pelos alunos.

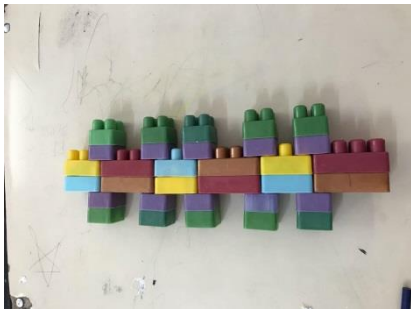


Figura 3. Modelo criado pelo grupo 1.



Figura 4. Modelo criado pelo grupo 2.



Figura 5. Modelo criado pelo grupo 3.



Figura 6. Modelo criado pelo grupo 4.

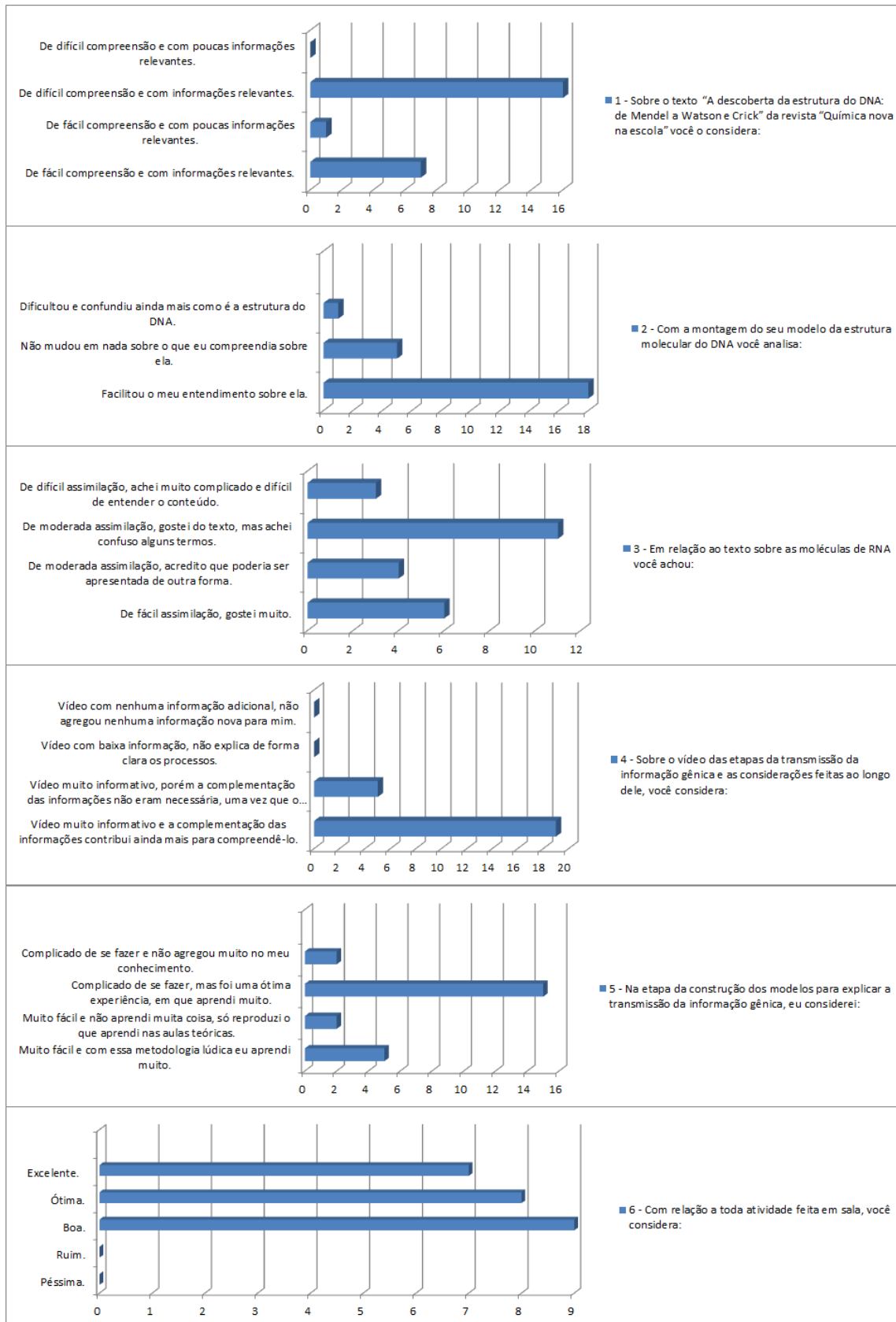
O grupo 2 (figura 4) e grupo 3 (figura 5) tiveram dificuldade média para a produção do modelo de DNA, e até construíram modelos muito parecidos. O grupo 1 (figura 3), no qual estava presente um aluno muito fora do padrão, apresentou o modelo mais rico em características da estrutura do DNA, foi o único grupo que diferenciou o grupo fosfato da pentose. E o grupo 4 (figura 6), constituído por alunos com grandes dificuldades de aproveitamento escolar, apresentou um modelo bem diferente dos demais, tanto que foi o único grupo a apresentar o modelo no sentido vertical (como realmente é apresentado quando se faz o desenho da dupla-hélice do DNA), porém esse modelo se apresentou insatisfatório no decorrer das outras atividades, fazendo esse grupo criar um novo modelo, que se apresentou muito parecido com os dois modelos similares. Mas mesmo tendo muita dificuldade e mesmo tendo que reformular o modelo, creio que foi uma experiência muito válida para esses alunos, uma vez que eles tiveram que pensar muito para solucionar o problema e saíram da zona de conforto deles. Outro ponto positivo na avaliação dos alunos foi em relação ao vídeo, que acharam muito didático e informativo, auxiliando no processo da aprendizagem do processo.

Assim, podemos ir ao encontro com Hoering & Pereira (2004) quando disseram que, ao analisar o objeto de estudo, o educando apreende melhor o assunto, o que está sendo observado pode ser manuseado, permitindo que da observação concreta possa se estabelecer o conceito e não apenas imaginá-lo. Ao experimentar o concreto, acontece o desenvolvimento do raciocínio e a captação dos conceitos.

E segundo Lima et al (1999), a atividade prática inter-relaciona o aluno e os seus objetivos de seu conhecimento, a teoria e a experimentação, ou seja, unifica a interpretação do sujeito aos fatos e processos naturais analisados, alicerçado não somente no conhecimento científico já formado, mas nos saberes e hipóteses produzidas pelos educandos, em presença de condições desafiadoras.

Ainda de acordo com o gráfico 2 foi grande a dificuldade de interpretação dos textos científicos sobre a descoberta da estrutura do DNA e RNA. Apesar de estar em uma linguagem apropriada para o ensino médio, a leitura dos artigos geraram muitas dúvidas, o que já era aguardado, pelo pouco ou nenhum contato com esse tipo de texto. Os estudantes estão muito habituados com as atividades tradicionais, onde as respostas são prontamente encontradas no material a ser lido, embora nem sempre compreendido.

Gráfico 2: Percepção da sequência didática .



Os meus alunos tiveram muita dificuldade na criação das suas hipóteses, muitos relataram que não tinham entendido a proposta e tive que explicá-la algumas vezes até a compreensão de todos. Essa dificuldade já era esperada por mim, por já acompanhar a maioria desses alunos desde o 6º ano e por conhecer as limitações da turma e por saber também, que esses alunos tiveram muito pouco, ou praticamente nada, de vivência com atividades investigativas. De acordo com Silveira (2004), o levantamento de hipóteses apoia a formar respostas para a problematização exposta, com a finalidade de descobrir solução para o problema sugerido. Ou seja, o educando, é instigado a desenvolver possibilidades para resolver problemas que lhe são oferecidos, através do levantamento e edificação de hipóteses, se inserido no ensino por investigação. Ainda segundo Freire (1987, apud Honorato & Mion, 2009), a problematização contribui no aumento da habilidade de compreensão crítica do educando, induzindo a um melhor entendimento da condição apresentada.

Como já relatado acima, pela falta de tempo, só foi possível realizar apenas uma atividade investigativa, a do resultado dos experimentos para a criação do modelo de DNA, essa dificuldade encontrado no desenvolvimento desta atividade poderia ter sido amenizada na segunda atividade (elucidação do código genético), pois os alunos já teriam vivenciado esse tipo de atividade e provavelmente teriam uma desenvoltura melhor.

Conforme descrito por Krasilchik (1987), as atividades investigativas, que instigam ao protagonismo dos estudantes, não fazem parte do cotidiano escolar. Esse pouco contato com atividades investigativas e conseqüentemente a ausência de conhecimento dos passos do método científico, explica a dificuldade em conseguir organizar hipóteses apresentadas pelos grupos. Mesmo com alguma dificuldade todos os grupos elaboraram suas hipóteses. Os educandos ficaram muito animados a continuarem a desenvolver a atividade para confirmarem se suas hipóteses seriam aceitas ou refutadas.

Como já relatado acima, pela falta de tempo, só foi possível realizar apenas uma atividade investigativa, a do resultado dos experimentos para a criação do modelo de DNA, essa dificuldade encontrado no desenvolvimento desta atividade poderia ter sido amenizada na segunda atividade (elucidação do código genético), pois os alunos já teriam vivenciado esse tipo de atividade e provavelmente teriam uma desenvoltura melhor.

Conforme descrito por Krasilchik (1987), as atividades investigativas, que instigam ao protagonismo dos estudantes, não fazem parte do cotidiano escolar. Esse pouco contato com atividades investigativas e conseqüentemente a ausência de conhecimento dos passos do

método científico, explica a dificuldade em conseguir organizar hipóteses apresentadas pelos grupos. Mesmo com alguma dificuldade todos os grupos elaboraram suas hipóteses. Os educandos ficaram muito animados a continuarem a desenvolver a atividade para confirmarem se suas hipóteses seriam aceitas ou refutadas.

É indispensável apontar ainda outro problema para a aplicação de uma atividade como essa no atual molde escolar. O tempo que necessita ser empregado à aplicação de todos os passos do procedimento. Com a grande quantidade de conteúdo nos currículos tradicionais desenvolvidos na educação básica e o número restrito de aulas de biologia, principalmente nas escolas públicas, isso pode tornar-se um dilema para o docente. A questão do tempo é encarada em diferentes propostas construtivistas como, por exemplo, em Mortimer (2000). Em contrapartida, como esclarece o autor, o tempo gasto deve ser considerado já que há a perspectiva de que uma quantidade mínima de conceitos seja trabalhada na educação básica.

Através do resultado obtido no gráfico 2, os estudantes conseguiram assimilar a definição da atividade e sua importância, por meio da sequência investigativa que desenvolveram. Foram capazes de atingir as etapas indicadas pelo Ensino de Ciências por Investigação, compreendendo mais um pouco a respeito do desenvolvimento e organização de uma atividade investigativa, com a finalidade de proporcionar ao educando um lugar de ensino que propicie interação com o objeto de estudo, organizando hipóteses e avaliando-as, debatendo com o educador e colegas de sala (Benetti & Oliveira, 2015). Explicaram o que verdadeiramente ocorreu na atividade, narrando com uma linguagem simples, nem tanto teórica, mas voltada para os seus entendimentos.

Ainda segundo Vygotsky (2001) um conceito é uma ação real e complexa de pensamento que não pode ser estudado através de uma simples memorização. O ponto principal no uso e no desenvolvimento do conceito é a tomada de consciência. Portanto, só podemos aceitar algo como assimilado quando conseguimos aplicá-lo em um contexto real. Neste sentido as atividades investigativas criaram uma oportunidade para um método produtivo que foi finalizado no estabelecimento dos conceitos científicos.

6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considero a aplicação da SD muito positiva houve grande aceitação e participação nas atividades. Tradicionalmente trabalhar os processos de transmissão da informação genética é muito difícil, por se tratar de um assunto abstrato. Neste trabalho apresentamos uma sugestão de aplicação desse tema de uma forma mais lúdica, colocando os alunos como protagonista do processo de aprendizagem. Sendo uma sugestão, essa sequência didática pode ser adaptada para facilitar ou melhorar a aplicação das atividades pelos profissionais.

A partir da minha experiência como docente e dos resultados em outros anos foi possível observar que os estudantes progrediram em vários pontos-chave abordados na sequência didática, principalmente no entendimento da estrutura do DNA e nos processos que norteiam a transmissão da informação genética.

Levando em consideração as potencialidades da sequência didática, ainda que, esteja descrito como recurso didático desenvolvido para ser usado no ensino médio, ela tem elementos que o tornam interessante para ser aplicada para alunos da graduação ou mesmo de pós-graduação.

7 - PERSPECTIVAS FUTURAS

Pretendo fazer novas aplicações dessa SD, mas desta vez da forma completa, para fazer uma comparação com os resultados obtidos nessa aplicação adaptado que realizei com essa turma de 2019.

Após a defesa, tenho a pretensão de escrever um artigo para publicar, em uma revista da área, um artigo explorando a SD desenvolvida.

8 – REFERÊNCIAS

_____. Lei 9394/96. **Lei de diretrizes e bases da educação nacional**. Brasília, 1996.

_____. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília: Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. 2001.

AMORIM, A. C. R. O ensino de biologia e as relações entre ciências / tecnologia e sociedade: o que dizem os professores e o currículo do ensino médio? Em: **Anais do VI Encontro “Perspectivas do Ensino de Biologia”**. (p. 74-77), 1997. São Paulo: Faculdade de Educação da USP.

ARIAS, G. **Em 1953 foi descoberta a estrutura do DNA: etapas de um grande avanço científico**. Passo Fundo: Embrapa, 2004.

AZEVEDO, M. C. P. S.. Ensino por investigação: **Problematizando as atividades em sala de aula**. In: CARVALHO, Ana Maria Pessoa de Ensino de Ciências – Unindo a Pesquisa e a Prática. 1ª ed. São Paulo: Thompson, 2012. Cap. 2, p. 19 – 33.

BACHELARD, G. A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Trad. De: Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 2013.

BENETTI, B.; OLIVEIRA, J. C. B. de, (2015). Atividades investigativas no Ensino de Ciências nos anos iniciais do Ensino Fundamental: Sementes e Germinação. XIV Jornada do Núcleo de Ensino de Marília.

BIZZO, N.; EL-HANI, C. N. O arranjo curricular do ensino de evolução e as relações entre os trabalhos de Charles Darwin e Gregor Mendel. *Filosofia e História da Biologia*, v. 4, p. 235-257, 2009.

BORGES, A. T.; RODRIGUES, B. A.; **Aprendendo a planejar investigações**. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, IX, 2004, Jaboticatubas. Atas... Minas Gerais: SBF, 2004.

BRASIL. Base Nacional Comum Curricular (**BNCC**). Educação é a Base. Brasília, MEC/CONSED/UNDIME, 2017.

BROWN, J. S., A. COLLINS, et al. (1989). "**Situated cognition and the culture of learning**." *Educational Researcher* 18: 32-42 Chinn & Malhotra, B.A. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education* 86:175-218.

CAMARGO, S. S.; INFANTE-MALAQUIAS, M. E. **A genética humana no ensino médio: algumas propostas**. *Revista Genética na Escola*. v. 2, n. 1, p. 14-16, 2007. Disponível em < Figura 3. Confeção de painéis de cariótipo e fecundação. Fonte: o próprio autor

CARVALHO, A.M.P. et al. Ensino de Ciências: Unindo a Pesquisa e a Prática. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

CARVALHO, A. M. P.; Praia, J.; Vilches, A (orgs), (2005). **A necessária renovação do ensino de ciências**. São Paulo: Cortez. 2005.

CARVALHO, A. M. P. (Org.) **Ensino de ciências por investigação: condições para a implementação em sala de aula**. São Débora: Cengane Learning, 2013.

CARVALHO, A. M. P. (org.) **Termodinâmica, um ensino por investigação**. USP. 1999.

CARVALHO, A.M.P. **Ciências no Ensino Fundamental: O conhecimento físico**. São Paulo: Ed. Scipione, 2007.

CARVALHO, A. M. P. (2018). Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*. 18(3), 765–94. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2018183765>

CLAXTON, C. S.; MURRELL, P. H. Learning styles. Washington, DC: George Washington University (ERIC), 1987.

COFFIELD, F.; MOSELEY, D.; HALL, E.; ECCLESTONE, K. Learning styles and pedagogy in post-16 learning: a systematic and critical review. Learning and Skills Research Centre, London, 2004a.

DRIVER, R., H. ASOKO, et al. (1999). "**Construindo conhecimento científico na sala de aula**." *Revista Química Nova na Escola*, 1(9). 31-40.

FERRAZ, D. F.; TERRAZAN, E. F. Construção do conhecimento e ensino de ciências: papel do raciocínio analógico. **Revista do Centro de Educação Santa Maria**. v. 27, n. 1, p. 39-54, 2002.

FRANCO, L. G. e MUNFORD, D. O Ensino de Ciências por Investigação em Construção: Possibilidades de Articulações entre os Domínios Conceitual, Epistêmico e Social do Conhecimento Científico em Sala de Aula. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências* <https://doi: 10.28976/1984-2686rbpec2020u687719>

GADOTTI, M. História das Ideias Pedagógicas. São Paulo: Ática, 1995.

HOERNIG, A.M.; PEREIRA A.B. As aulas de Ciências Iniciando pela Prática: O que Pensam os Alunos. *Revista da Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v.4, n.3., set/dez 2004, p.19-28.

HONORATO, M. A. & MION, R. A. (2009). A importância da problematização na construção e na aquisição do conhecimento científico pelo sujeito. VII Encontro nacional da Pesquisa em Ensino de Ciências.

INTELLIGENTISTA. **Do DNA à proteína.** 2017. (3m13s). Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=6nxRxoGME_I

KRASILCHIK, M. **Prática de ensino de biologia.** São Paulo: Harper e Row do Brasil Ltda, 1987.

KRASILCHIK, M. **Práticas de Ensino de Biologia.** 4ª ed. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2005.

LIMA, M. E. C. C.; MARTINS, C. M. D. C.; MUNFORD, D. (orgs.). **Ensino de Ciências por Investigação – ENCI: módulo I.** Belo Horizonte: UFMG/FAE/CECIMIG, 2008. (Coleção ENCI)

LIMA, M. E. E. C.; JÚNIOR, O. G. A.; BRAGA, S. A. M. **Aprender Ciências – um mundo de materiais.** Belo Horizonte: Ed. UFMG. 1999. 78p.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas.** São Paulo: EPU, 1986.

MAZUR, Eric. **Peer Instruction: a revolução da aprendizagem ativa.** 1.ed. Porto Alegre: Penso, 2015.

MOREIRA, L. C.; SOUZA, G. S. O uso de atividades investigativas como estratégias metodológicas no ensino de microbiologia: Um relato de experiência com estudantes do ensino médio. *Experiências em Ensino de Ciências* V.11, No. 3, 2016.

MUNFORD, D; LIMA, M. E. C. C. **Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo? Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências.** Belo Horizonte) vol.9 nº1 Belo Horizonte Jan/Jun 2007.

NETO, G. C. F. Diretrizes para uma metodologia do ensino de física. **Caderno Catarinense Ensino de Física**, v. 7 p. 127-139. Florianópolis, dez. 1987.

PEDASTE, M., MÃEOTS, M., SIIMAN, L. A., JONG, T. V. R., SISWA, A. N., KAMP, E. T., MANOLI, C. C., ZACHARIA, Z. C., & TSOURLIDAKI, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14, 47–61. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>

PELIZZARI, A. et al. **Teoria da Aprendizagem Significativa Segundo Ausubel.** Curitiba, v. 2, n.1, p.37-42, jul. 2001-jul. 2002.

PETER, S. E.; BACON, E.; DASTBAZ, M. Adaptable, personalised e-learning incorporating learning styles, *Campus-Wide Information Systems*, v. 27, n. 2, p. 91-100, 2010.

SÁ, E. F.; PAULA, H. F. e; LIMA, M. E. C. C.; AGUIAR, O. G.. **As características das atividades investigativas segundo tutores e coordenadores de um curso de especialização em ensino de Ciências.** VI ENPEC, 2007.

SASSERON, L. H. Interações discursivas e investigação em sala de aula: o papel do professor. In: CARVALHO, A. M. P. (org.). Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013, p. 41-60.

SASSERON, L. H.; A. M. P. CARVALHO. Alfabetização Científica: uma revisão Bibliográfica. Investigações em Ensino de Ciências – V16 (1), pp. 59-77, 2011.

SELLES, S. E. & FERREIRA, M. S. Disciplina escolar Biologia: entre a retórica unificadora e as questões sociais. In: MARANDINO, M.; SELLES, S. E.; FERREIRA, M. S. &

SILVEIRA, J. A. de O. (2004). Características das atividades investigativas expressas nas monografias do curso de especialização em ensino de Ciências por investigação no período de 2010-2012. [Monografia] Universidade Federal de Minas Gerais. FAE – CECIMIG.

STRIEDER, R. B. & WATANABE, G. (2018). Atividades Investigativas na Educação Científica: Dimensões e Perspectivas em Diálogos com o ENCI. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências. 18(3), 819–849. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2018183819>

TAVARES, R. Aprendizagem Significativa. [S.l., s.n.] jul.2003 – jul.2004.

TRIVELATO, S. L. F.; TONIDANDEL, S. M. R. Ensino por investigação: eixos organizadores para sequências de ensino de biologia. Revista Ensaio, v. 17, n. especial, p. 97-114, nov. 2015.

UNESCO. **Ciência e tecnologia com criatividade: análises e resultados**. Brasília: Cnpq, 2004. Disponível em: <http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001365/136552por.pdf>. Acesso em 03 de novembro, 2018.

VYGOTSKY, L. S. A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos básicos. São Paulo: Martins Fonte, 6ed, 1998.

ZABALA, Antoni. A prática educativa: como ensinar. Porto Alegre: Artmed, 1998.

9 – ANEXOS

Anexo I

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
MINAS GERAIS



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: A APRENDIZAGEM DA TRANSMISSÃO DA INFORMAÇÃO GENÉTICA COM BLOCOS DE MONTAR

Pesquisador: Mônica Bucciarelli Rodriguez

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 19900419.5.0000.5149

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.652.590

Apresentação do Projeto:

O presente trabalho envolve a construção e avaliação de sequência didática com o intuito de ajudar o estudante a compreender conceitos básicos relacionados à natureza da informação genética e aos processos relacionados à síntese proteica, bem como promover meios para que ele perceba a genética como um importante conteúdo, fundamental para a compreensão da Biologia, e a aplicação dos conhecimentos na vida cotidiana. A sequência didática desenvolvida será usada para ensino de alunos do terceiro ano do Ensino Médio de uma escola estadual localizada no município de Itabira-MG, que participarão voluntariamente da pesquisa ao fornecer dados para a avaliação da sequência didática. Serão utilizados como método para coleta de dados para a avaliação questionários estruturados e semi-estruturados, respondidos voluntariamente pelos discentes, com posterior análise quali-quantitativa. A Sequência Didática, com o propósito de colocar os alunos como protagonistas no processo de ensino aprendizagem, está sendo desenvolvida com algumas atividades com viés investigativo, e criação de modelos a partir de blocos de montar. A eficácia da sequência didática para a aprendizagem significativa dos conceitos e processos envolvendo o DNA e o processo de transmissão da informação até a síntese proteica, também será avaliada pelo professor-pesquisador por observação de seu desenvolvimento e pelo desempenho nas avaliações escolares regulares.

Endereço: Av. Presidente Antônio Carlos, 6627 2º Ad SI 2005
Bairro: Unidade Administrativa II **CEP:** 31.270-901
UF: MG **Município:** BELO HORIZONTE
Telefone: (31)3409-4592 **E-mail:** coep@prpq.ufmg.br

Continuação do Parecer: 3.652.590

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

Produção e avaliação de uma sequência didática para facilitar a aprendizagem consistente dos processos genéticos que resultam na síntese proteica

Objetivo Secundário:

Incentivar o protagonismo consciente e crítico dos alunos;

Criar modelos didáticos da estrutura do DNA e dos processos que culminam na síntese proteica a partir de blocos de montar;

Analisar se a produção colaborativa dos modelos é uma alternativa eficaz para a aprendizagem consistente.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Sobre os riscos os/as proponentes afirmam que:

O desenvolvimento do projeto apresenta risco mínimo de um pequeno desgaste mental ao responder os questionários assim como algum constrangimento por desconhecer o assunto perguntado.

Sobre os benefícios os proponentes afirmam que:

Desenvolvimento da capacidade lúdica e criativa para a construção dos modelos. Possibilidade de aprender o processo de transmissão da informação genética de uma forma mais eficaz, uma vez que os alunos serão responsáveis pela elaboração dos modelos feitos de blocos de montar.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O projeto está bem fundamentado do ponto de vista teórico e metodológico.

Endereço: Av. Presidente Antônio Carlos, 6627 2º Ad S1 2005
Bairro: Unidade Administrativa II CEP: 31.270-901
UF: MG Município: BELO HORIZONTE
Telefone: (31)3409-4592 E-mail: coep@prpq.ufmg.br

Continuação do Parecer: 3.652.590

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Foram apresentados os seguintes documentos:

Folha de rosto
Carta resposta
Informações Básicas do Projeto
Carta convite escola
Parecer consubstanciado
Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE (responsável e maior) revisado
Termo de Assentimento Livre e Esclarecido - TALE revisado
Projeto de Pesquisa (revisado)
Orçamento
Cronograma

Recomendações:

Trata-se de resposta às diligências do parecer anterior do CEP. A proponente atendeu todas as recomendações.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Salvo melhor juízo, recomendamos a aprovação do projeto.

Considerações Finais a critério do CEP:

Tendo em vista a legislação vigente (Resolução CNS 466/12), o CEP-UFMG recomenda aos Pesquisadores: comunicar toda e qualquer alteração do projeto e do termo de consentimento via emenda na Plataforma Brasil, informar imediatamente qualquer evento adverso ocorrido durante o desenvolvimento da pesquisa (via documental encaminhada em papel), apresentar na forma de notificação relatórios parciais do andamento do mesmo a cada 06 (seis) meses e ao término da pesquisa encaminhar a este Comitê um sumário dos resultados do projeto (relatório final).

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1413937.pdf	03/10/2019 08:20:00		Aceito
TCLE / Termos de	TCLE_responsavel.docx	03/10/2019	RICARDO SILVA	Aceito

Endereço: Av. Presidente Antônio Carlos, 6627 2º Ad S1 2005
 Bairro: Unidade Administrativa II CEP: 31.270-901
 UF: MG Município: BELO HORIZONTE
 Telefone: (31)3409-4592 E-mail: coep@prpq.ufmg.br

Continuação do Parecer: 3.652.590

Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_responsavel.docx	08:18:34	RICARDO SILVA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_maior.docx	03/10/2019 08:17:53	RICARDO SILVA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TALE_menores.docx	03/10/2019 08:17:33	RICARDO SILVA	Aceito
Outros	Cartaresposta.doc	02/10/2019 13:04:12	RICARDO SILVA	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	TCM_Ricardo.docx	02/10/2019 13:02:44	RICARDO SILVA	Aceito
Folha de Rosto	folha_rosto_Ricardo.pdf	29/08/2019 15:11:08	Mônica Bucciarelli Rodriguez	Aceito
Outros	aprovacaoDGEE_Ricardo.pdf	29/08/2019 15:10:53	Mônica Bucciarelli Rodriguez	Aceito
Outros	anuencia_escola.docx	29/08/2019 15:08:44	Mônica Bucciarelli Rodriguez	Aceito
Orçamento	Orcamento.docx	28/08/2019 14:28:34	RICARDO SILVA	Aceito
Cronograma	Cronograma.docx	28/08/2019 14:28:55	RICARDO SILVA	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

BELO HORIZONTE, 21 de Outubro de 2019

Assinado por:

Eliane Cristina de Freitas Rocha
(Coordenador(a))

Endereço: Av. Presidente Antônio Carlos, 8627 2º Ad SI 2005
 Bairro: Unidade Administrativa II CEP: 31.270-901
 UF: MG Município: BELO HORIZONTE
 Telefone: (31)3409-4592 E-mail: cosp@prpq.ufmg.br

10 - APÊNDICES

Apêndice I

Questionário pré-teste

Data:

Responda a esse questionário com sinceridade, sabendo que será anônimo, portanto não será pontuado, servindo apenas para sinalizar o que o grupo de estudantes pensa sobre o assunto tratado.

Nas frases a seguir julgue os itens e escreva nos parentes (V) se for verdadeiro ou (F) se for falso.

- () Todos os organismos classificados em uma mesma espécie apresentam exatamente o mesmo DNA.
- () A genética pode ser aplicada em nosso dia a dia de diversas formas, como por exemplo na criação dos alimentos transgênicos e no teste de paternidade.
- () As características dos organismos são determinadas exclusivamente pelo DNA que eles possuem.
- () A Genética é a especialidade da Biologia que estuda os genes, a hereditariedade e a variação dos organismos e a forma como estes transmitem as características biológicas de geração para geração.
- () A molécula de DNA é formado por subunidades conhecidas como aminoácidos.
- () Cada cromossomo é formado por uma molécula de DNA associada a proteínas.
- () Indivíduos normais de uma mesma espécie podem apresentar um número diferente de cromossomos.
- () Uma modificação da sequência do DNA de um indivíduo pode gerar a produção de uma nova característica.
- () Assim como uma receita de bolo é composta de diversas instruções, o código genético também é composto de milhares de comandos, que chamamos genes.
- () Toda a informação genética necessária para formar um organismo completo está contida em sequências de timinas, adeninas, citosinas e guaninas arranjadas em diferentes combinações.

Apêndice II

Questionário pós-teste

Data:

Responda a esse questionário com sinceridade, sabendo que será anônimo.

Suas respostas servirão para avaliar o questionário e para se ter uma ideia da eficácia da sequência didática trabalhada.. Obrigada! Mônica

1 – Sobre o texto “*A descoberta da estrutura do DNA: de Mendel a Watson e Crick*” da revista “*Química nova na escola*” você o considera:

- De fácil compreensão e com informações relevantes.
- De fácil compreensão e com poucas informações relevantes.
- De difícil compreensão e com informações relevantes.
- De difícil compreensão e com poucas informações relevantes.

2 – Com a montagem do seu modelo da estrutura molecular do DNA você analisa:

- Facilitou o meu entendimento sobre ela.
- Não mudou em nada sobre o que eu compreendia sobre ela.
- Dificultou e confundiu ainda mais como é a estrutura do DNA.

3 – Em relação à aula teórica expositiva sobre as moléculas de RNA você achou:

- De fácil assimilação, gostei muito da aula.
- De moderada assimilação, acredito que poderia ser apresentada de outra forma (apresentação de PowerPoint, por exemplo).
- De moderada assimilação, gostei da forma da aula, mas achei confuso alguns termos.
- De difícil assimilação, achei muito complicado e difícil de entender o conteúdo.

4 – Sobre o vídeo das etapas da transmissão da informação gênica e as considerações feitas ao longo dele, você considera:

- Vídeo muito informativo e a complementação das informações contribui ainda mais para compreendê-lo.
- Vídeo muito informativo, porém a complementação das informações não eram necessária, uma vez que o vídeo já explicava tudo.
- Vídeo com baixa informação, não explica de forma clara os processos.
- Vídeo com nenhuma informação adicional, não agregou nenhuma informação nova para mim.

5 – Com relação à tabela com os dados experimentais de elucidação do código genético, você achou:

- De fácil entendimento.
- De entendimento moderado, achei um pouco confuso.
- De difícil compreensão, não entendi quase nada.

6 – Na etapa da construção dos modelos para explicar a transmissão da informação gênica, eu considerei:

- Muito fácil e com essa metodologia lúdica eu aprendi muito.
- Muito fácil e não aprendi muita coisa, só reproduzi o que aprendi nas aulas teóricas.
- Complicado de se fazer, mas foi uma ótima experiência, em que aprendi muito.
- Complicado de se fazer e não agregou muito no meu conhecimento.

7 – Com relação a toda atividade feita em sala, você considera:

- Péssima.
- Ruim.
- Regular.
- Boa.
- Excelente.

8 - Nas frases a seguir julgue os itens e escreva nos parentes (V) se for verdadeiro ou (F) se for falso.

- Todos os organismos classificados em uma mesma espécie apresentam exatamente o mesmo DNA.
- A genética pode ser aplicada em nosso dia a dia de diversas formas, como por exemplo na criação dos alimentos transgênicos e no teste de paternidade.
- As características dos organismos são determinadas exclusivamente pelo DNA que eles possuem.
- A Genética é a especialidade da Biologia que estuda os genes, a hereditariedade e a variação dos organismos e a forma como estes transmitem as características biológicas de geração para geração.
- A molécula de DNA é formado por subunidades conhecidas como aminoácidos.
- Cada cromossomo é formado por uma molécula de DNA associada a proteínas.
- Indivíduos normais de uma mesma espécie podem apresentar um número diferente de cromossomos.
- Uma modificação da sequência do DNA de um indivíduo pode gerar a produção de uma nova característica.
- Assim como uma receita de bolo é composta de diversas instruções, o código genético também é composto de milhares de comandos, que chamamos genes.
- Toda a informação genética necessária para formar um organismo completo está contida em sequências de timinas, adeninas, citosinas e guaninas arranjadas em diferentes combinações.