

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS
NATURAIS**

**SOFTWARE EDUCACIONAL APLICADO AO ESTUDO
DOS ÁCIDOS NUCLEICOS, EXPRESSÃO E MUTAÇÃO
GÊNICA**

MONIKA MICHELLY APARECIDA NUNES

**PROF^a. DR^a. LENICY LUCAS DE MIRANDA CERQUEIRA
ORIENTADOR**

Cuiabá, MT
2019

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS
NATURAIS**

**SOFTWARE EDUCACIONAL APLICADO AO ESTUDO
DOS ÁCIDOS NUCLEICOS, EXPRESSÃO E MUTAÇÃO
GÊNICA**

MONIKA MICHELLY APARECIDA NUNES

**Dissertação Apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Ensino de Ciências
Naturais na Universidade Federal do
Estado de Mato Grosso, como parte dos
requisitos para obtenção do título de
Mestre em Ensino de Ciências Naturais.**

**PROF^a. DR^a. LENICY LUCAS DE MIRANDA CERQUEIRA
ORIENTADORA**

Cuiabá, MT

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

N972s Nunes, Monika Michelly Aparecida.
Software educacional aplicado ao estudo dos ácidos nucleicos, expressão e mutação gênica / Monika Michelly Aparecida Nunes. -- 2019
115 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientadora: Lenicy Lucas de Miranda Cerqueira.
Dissertação (mestrado profissional) – Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação Profissional em Ensino de Ciências Naturais, Cuiabá, 2019.
Inclui bibliografia.

1. Síntese proteica. 2. Representação Mental. 3. Software educacional. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS
Avenida Fernando Corrêa da Costa, 2367 - Boa Esperança - Cep: 78060900 - CUIABÁ/MT
Tel : (65) 3615-8768 - Email : ppgecn.ufmt@gmail.com

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO : "Software Educacional aplicado ao Estudo dos Ácidos Nucleicos, expressão e mutação Gênica"

AUTOR : Mestranda Monika Michelly Aparecida Nunes

Dissertação defendida e aprovada em 25/03/2019.

Composição da Banca Examinadora:

Presidente Banca / Orientador Doutor(a) Lenicy Lucas de Miranda Cerqueira

Instituição : Universidade Federal de Mato Grosso

Examinador Interno Doutor(a) Débora Eriélia Pedrotti Mansilla

Instituição : UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

Examinador Externo Doutor(a) Fabiana aparecida Caldart Rodrigues

Instituição : UNEMAT

CUIABÁ, 25/03/2019.

Dedico esse trabalho aos meus pais Cristovam e Consuelo, e a minha irmã Patrícia por toda a compreensão e afeto. E em memória da irmã Janahyne que já não está presente entre nós, mas é parte significativa em minha vida e em meu coração.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por ser fonte de inspiração em toda minha caminhada.

A Prof^a. Dr^a. Lenicy Lucas de Miranda Cerqueira, pela escolha em me orientar, pela disponibilidade, incentivo e sugestões em todas fases de organização do meu projeto.

Ao meu pai, Cristovam Nunes por me auxiliar no desenvolvimento do software educacional.

À minha mãe Consuelo e a minha irmã Patrícia pela paciência em entender o momento de dedicação dispensada ao mestrado.

Aos professores pelos ensinamentos e inspirações. Sem dúvida um bom profissional passa ela mão de um professor qualificado e comprometido com a educação.

À gestão da escola Liceu Cuiabano “Maria de Arruda Muller” pela possibilidade de aplicação deste projeto de dissertação.

Aos professores da banca examinadora por se disponibilizarem a contribuir com a estruturação da dissertação.

Aos colegas do curso, por se fazerem presente e contribuírem no meu processo de formação.

Às amigas Izabel, Maria Aparecida e Marinalva pelo encontro e gratuidade de fazer cada etapa de atividades uma consolidação de crescimento profissional e de momentos especiais.

Às amigas Jéssica, Janaína por serem minhas fiéis conselheiras e incentivadoras em perceber que a arte da caminhada pela vida exige que façamos escolhas de seguir sempre decididamente rumo ao que ela tem de melhor a nos oferecer.

Conhecer o DNA é conhecer a célula, e, em um sentido mais amplo, conhecer o organismo ao qual essa célula pertence (SNUSTAD e SIMMONS, 2017).

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	4
2.1. BIOLOGIA E GENÉTICA MOLECULAR	6
2.1.1. <i>Compartimentalização da célula – da membrana plasmática ao núcleo.....</i>	7
2.1.2. <i>História da Genética Molecular.....</i>	8
2.2. MECANISMOS DE REPLICAÇÃO E TRANSCRIÇÃO DO DNA, SÍNTESE PROTEICA E MUTAÇÃO.....	10
2.2.1. <i>Natureza química do DNA e do RNA.....</i>	10
2.2.2. <i>Estrutura da dupla hélice do DNA</i>	12
2.2.3. <i>Replicação do DNA.....</i>	14
2.2.4. <i>Transcrição do RNA e Código genético.....</i>	16
2.2.5. <i>Proteínas.....</i>	18
2.2.6. <i>Tradução ou síntese proteica.....</i>	18
2.2.7. <i>Mutação gênica.....</i>	21
2.3. AVANÇOS DA BIOLOGIA E GENÉTICA MOLECULAR	22
2.4. CONCEPÇÕES DO PROCESSO COGNITIVO DA APRENDIZAGEM	24
2.5. REPRESENTAÇÃO MENTAL E CONCEITUAL.....	27
2.6. TECNOLOGIA EDUCACIONAL	30
2.6.1. <i>Nativos digitais e a educação.....</i>	30
2.6.2. <i>Otimização dos computadores e softwares educacionais como recursos para o processo de ensino e aprendizagem.....</i>	33
2.7. AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM	34
2.7.1. <i>Funções da avaliação – diagnóstica, formativa e somativa.....</i>	36
2.7.2. <i>Planejamento de ensino e avaliação</i>	38
3. METODOLOGIA	40
3.1. ORGANIZAÇÃO PARA A APLICAÇÃO DAS AULAS E PRODUTO EDUCACIONAL.....	41
3.2. PLANO DE AULA PARA APLICAÇÃO DO PROJETO	42
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
4.1. PERFIL DAS PROFESSORAS DA DISCIPLINA DE BIOLOGIA E CARACTERIZAÇÃO DO USO DE FERRAMENTAS TECNOLÓGICAS.....	48

4.2. ANÁLISE DOS ALUNOS REFERENTE AO USO DE FERRAMENTAS TECNOLÓGICAS COMO RECURSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM.....	52
4.3. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	53
4.4. AULA PRÁTICA – EXTRAÇÃO DO DNA DA BANANA	56
5. RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA E SOMATIVA	59
5.1. ATIVIDADES SOBRE CONHECIMENTOS PRÉVIOS PARA A ABORDAGEM DO CONTEÚDO DE REPLICAÇÃO DO DNA, SÍNTESE DE RNA (TRANSCRIÇÃO), SÍNTESE DE PROTEÍNAS (TRADUÇÃO) E MUTAÇÃO GÊNICA 60	
5.1.1. <i>Parte 1 – Exercício nº 3 - Bases nitrogenadas que diferenciam DNA e RNA</i>	62
5.1.2. <i>Parte 1 – Exercício nº 4 – Aminoácidos como unidades formadoras de proteínas</i>	63
5.1.3. <i>Parte 1 – Exercício nº 4 - Reconhecimento das partes da célula e dos processos de replicação, transcrição e tradução</i>	63
5.2. ATIVIDADES DOS ASSUNTOS ABORDADOS NO PRODUTO EDUCACIONAL REFERENTES AOS PROCESSOS DE REPLICAÇÃO DO DNA, SÍNTESE DE RNA (TRANSCRIÇÃO), SÍNTESE DE PROTEÍNAS (TRADUÇÃO) E MUTAÇÃO GÊNICA	64
5.2.1. <i>Parte 2 - Exercícios 2 e 3 - Reconhecimento dos elementos que compõe o DNA, RNA e proteína 64</i>	
5.2.2. <i>Parte 2 – Exercício 4 e 5 - Questões referentes a mutação gênica</i>	65
5.3. MODELO ESQUEMÁTICO SOBRE AS ETAPAS DE REPLICAÇÃO DO DNA, TRANSCRIÇÃO DO RNA E SÍNTESE PROTEICA	68
5.4. UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE EDUCACIONAL.....	70
5.5. VALIAÇÃO DO SOFTWARE EDUCACIONAL	72
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	74
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	77

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Componentes dos nucleotídeos - DNA e RNA	11
Figura 2. Ligação das pontes de hidrogênio entre as bases nitrogenadas	12
Figura 3. Estrutura da dupla hélice de DNA	13
Figura 4. Início do processo de replicação do DNA	15
Figura 5. Tipos de RNAs - mensageiro, transportador e ribossômico.....	17
Figura 6. Modelo esquemático do processo de transcrição com remoção dos íntrons..	19
Figura 7. Esquema das etapas do processo de tradução.....	20
Figura 8. Apresentação do vídeo no produto educacional.	43
Figura 9. Interface de abertura do software - A imensidão de uma célula.....	44
Figura 10. Composição das partes do software – Aula e atividades	45
Figura 11. Representação esquemática de um nucleotídeo analisado segundo os conhecimentos prévios dos alunos.....	61
Figura 12. Representação esquemática de um nucleotídeo, após aplicação das aulas e do produto educacional	61
Figura 13. Modelo esquemático do processo de síntese proteica.....	68
Figura 14. Modelo esquemático do processo de síntese proteica.....	69
Figura 15. Modelo esquemático do processo de síntese proteica.....	70
Figura 16. Capara do Sotware Educacional	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Quais recursos tecnológicos são comumente usados nas aulas?	48
Tabela 2. Conhecimento prévio e aprendizagem sobre a importância do DNA	57
Tabela 3. Assimilação de conceitos referente ao assunto de mutação gênica.....	66
Tabela 4. Avaliação dos alunos sobre o produto educacional	72

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Ferramentas educacionais utilizadas pelos alunos	52
Gráfico 2. Recursos tecnológicos utilizados na escola	53
Gráfico 3. Tratamento estatístico das notas.....	54
Gráfico 4. Frequências das notas na avaliação diagnóstica.....	56
Gráfico 5. Frequência das notas na avaliação diagnóstica	56

LISTA DE ABREVIATURAS

ANOVA	Análise de Variância
DNA	Ácido Dextrorribonucleico
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e estatística
IM	Inteligências Múltiplas
MT	Mato Grosso
PNAD	Pesquisa Nacional por amostra de Domicílio
RNA	Ácido Ribonucleico
TCLE	Termo de Consentimento e Livre Esclarecimento
TDICs	Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação
UFMT	Universidade Federal de Mato Grosso

RESUMO:

A Biologia e a Genética molecular são áreas que correspondem ao estudo das estruturas e funções dos genes. Elas têm contribuído para o avanço e discussão em vários campos da sociedade como medicina, ecologia, economia e política. O fato de abrangerem conceitos e técnicas peculiares e muitas vezes abstratos a compreensão dos alunos acabam por exigir estratégias para a sua assimilação. Uma delas e muito usada na ciência é a utilização dos modelos representacionais, eles correspondem a expressão visível do conhecimento científico e auxiliam na rede de conexões das informações recebidas pelos indivíduos para compor a sua estrutura cognitiva de mundo. Esta pesquisa trata do estudo das variantes que interferem na prática educativa do professor como a avaliação e planejamento de ensino com o foco em temas como a tecnologia e modelos representacionais e mentais da Biologia e Genética Molecular na perspectiva de compreensão dos processos de replicação, transcrição, expressão gênica e mutação. O delineamento seguiu um caráter de pesquisa participante e os instrumentos para a coleta de dados foram vídeos, estudo de caso, aplicação de um software educacional e avaliações diagnósticas e somativas em observância as ferramentas utilizadas na pesquisa. Sobre os resultados a análise de variância (ANOVA), a um nível de significância de 1% nas medições demonstraram que os alunos obtiveram um rendimento satisfatório nas avaliações somativas em relação as avaliações diagnósticas. E sobre a utilização de softwares educacionais no processo de ensino e aprendizagem a pesquisa indicou que sua utilização pode servir para aprofundar habilidades, conhecimentos e favorecer a participação ativa dos alunos, porém sugere a necessidade de melhoramento na área sobre a construção dessas ferramentas educacionais e a formação continuada sobre a utilização desse recurso por parte dos docentes.

Palavras-chave: Síntese Proteica; Representação Mental; Software Educacional.

ABSTRACT:

Biology and molecular genetics are areas that correspond to the study of structures and functions of genes. They have contributed to the advancement and discussion in various fields of society such as medicine, ecology, economics and politics. The fact that they cover peculiar and often abstract concepts and techniques the students' understanding end up demanding strategies for their assimilation. One of them is widely used in science and the use of representational models, they correspond to the visible expression of scientific knowledge and help in the network of information connections received by individuals to compose their cognitive structure of the world. This research deals with the study of variants that interfere in the educational practice of the teacher as the evaluation and planning of teaching with the focus on themes such as technology and representational and mental models of Biology and Molecular Genetics in the perspective of understanding the processes of replication, transcription, gene expression and mutation. The design followed a participatory research character and the instruments for the data collection were videos, case study, application of an educational software and diagnostic and summative evaluations in observance of the tools used in the research. On the results, analysis of variance (ANOVA) at a significance level of 1% in the measurements showed that the students obtained a satisfactory yield in the summative evaluations in relation to the diagnostic evaluations. And on the use of educational software in the process of teaching and learning research indicated that its use may serve to deepen skills, knowledge and encourage the active participation of students, but suggests the need for improvement in the area on the construction of these educational tools and training continued use of this resource by teachers.

Keywords: Protein Synthesis; Mental Representation; Educational Software.

1. INTRODUÇÃO

A vida depende da habilidade da célula em desempenhar funções básicas como se alimentar, trabalhar e reproduzir. Realizar essas tarefas adequadamente possibilita que em sucessivas gerações as células expressem de forma fidedigna as informações genéticas que garantem o bom funcionamento do organismo.

A compreensão desse aparato celular em termos microscópicos e moleculares apresentados aos alunos do 1º ano do Ensino Médio, impele trazer para a sala de aula, a abordagem didática de áreas como: a Biologia e Genética Molecular.

Na perspectiva, de que, elas modelam o conhecimento em praticamente muitas das disciplinas biológicas, por meio do avanço e entendimento no funcionamento dos genes, é notório verificar que estão em uma crescente ascensão, sejam em números de estudos, pesquisas e aplicações. Campos como a Bioquímica, Taxonomia, Microbiologia, Neurobiologia, Evolução e Ecologia são influenciados pelo uso das técnicas nessas áreas (PIERCE, 2013).

Nas escolas, isso pode ser notado quando assuntos antes prioritários como, a morfologia e fisiologia celular, entrelaçam-se a uma nova organização curricular, que corresponde ao estudo das células, com abordagens que enfatizam as recentes descobertas nos campos da biotecnologia, engenharia genética e terapia gênica.

Na sociedade, as matérias e descobertas nas áreas, através dos meios de comunicações, propiciam o interesse em compreender a manipulação genética. A todo momento, observa-se o relato de avanços, no campo da saúde humana e tecnologia, com perspectivas para cura de doenças comumente conhecidas como o câncer, o Alzheimer, doenças cardíacas, hipertensão e diabetes. Fatores que trazem esperanças na melhora da qualidade de vida e do bem-estar da população (ZILLY e SILVA, 2018).

A Biologia e Genética Molecular, tendo como foco principal o sequenciamento genético do organismo, ou seja, o estudo dos genes, permite também analisar uma gama de outras informações como: a determinação das características hereditárias de um indivíduo, as similaridades e diferenças filogenéticas entre as espécies, o diagnóstico precoce e o tratamento de distúrbios hereditários, a realização de testes genéticos, o auxílio em investigações criminais, a introdução de genes diferentes em plantas e animais, a detecção de genes mutantes nas espécies entre outras variedades de aplicações (PIERCE, 2013).

Os geneticistas hoje são capazes de estudar fenômenos genéticos com maiores riquezas de detalhes. A compreensão do mecanismo de atuação do material genético nas células permitiu vários avanços e descobertas. Assim as moléculas de DNA, RNA e proteínas podem ser separadas e analisadas de diversas formas, como: o peso, tamanho e expressão. Mapas genéticos e físicos detalhados de genomas de organismos podem ser obtidos e armazenados em bancos de genes e estudados em virtude dos seus interesses médico, ambiental e econômico (SNUSTAD e SIMMONS, 2017).

Com o sequenciamento de identificação, clivagem, amplificação e clonagens de genes, procedimentos como a reação de cadeia de polimerase (PCR) ou a utilização de enzimas de restrição, DNA recombinante (DNA de interesse), plasmídeos ou bacteriófagos e células hospedeiras que repliquem um DNA recombinante podem ser usadas para gerar uma grande variedade de produtos finais como hormônios e medicamentos (SNUSTAD e SIMMONS, 2017).

Porém, é notório enfatizar que abrangendo todos esses avanços tecnológicos, as áreas da Biologia e Genética Molecular trazem como em qualquer outro campo de estudo, procedimentos e linguagens técnicas próprios e muito específicos. Assim, na grande maioria das vezes, os instrumentos e protocolos de análises genéticas acabam ficando inacessíveis ao cotidiano de professores e estudantes do ensino médio.

Nesse ponto, é que muitas vezes, estudar sobre temas celulares e genéticos se tornam distantes da compreensão e da abrangência de discussão dentro de sala de aula. A superficialidade em defender ou contrapor ao que é estabelecido na sociedade se esbarra na defasagem de conhecimentos e embasamentos teóricos. O que dizer sobre o mapeamento gênico do indivíduo? Que implicação tem o estudo da genômica e bioinformática para o ensino de Biologia? Como o DNA replica e expressa sua informação genética? O que uma mutação gênica traz como agravante ou benefício a um ser vivo? Quem somos nós? (FARAH, 2007; SNUSTAD e SIMMONS, 2017).

Algumas perguntas como essas são polêmicas, atuais, e estão mudando a sociedade, o meio ambiente e a forma de nos portarmos. As questões éticas, morais, religiosas e legais que estão presentes nesses assuntos, confrontam os rumos das pesquisas científicas, a medida em que a aceitação ou não dos processos genéticos são definidos segundo critérios culturais, econômicos, sociais e políticos de cada população. E, portanto, de acordo com a sua complexidade precisam ser tratados com cautela, corretos julgamentos, e reflexões sobre as finalidades de uso e os possíveis impactos advindos da sua utilização.

Voltando ao Ensino Médio, a pergunta é, como posicionar o estudante do 1º ano a compreender tantos assuntos atuais de temas celulares e genéticos?

Um fator importante para responder a essa pergunta, é que os alunos precisam ter competência de compreender de fato o conceito de gene. Eles precisam ter autonomia cognitiva de conseguirem relacionar a estrutura, síntese e expressão dessa unidade de informação genética às ações celulares no organismo, que podem ser proteicas, enzimáticas, reguladoras, mutagênicas, ou ainda, como formadoras de RNAs com expressões ribossômicas e de transporte (SNUSTAD e SIMMONS, 2017).

Outro ponto de análise é a importância do professor quanto a formação continuada frente a necessidade de inserir ferramentas tecnológicas que viabilizem sua prática de ensino (ADELL, 2012).

E por último, é a possibilidade de encontrar estratégias para abordar as dificuldades dos alunos como: a necessidade de abstração para compreender a estrutura e os processos celulares, a falta de conhecimentos prévios e mecanismos relacionais próprios às disciplinas, o forte apelo a imaginação para criar modelos mentais, a falta de recursos nas escolas básicas capazes de aproximar os alunos da análise real da célula e do seu funcionamento e a necessidade em ter que acompanhar a rapidez das descobertas e os avanços tecnológicos (KRASILCHIK, 2005).

Porém, segundo Bruner (1978), o aluno é capaz de aprender qualquer conteúdo, ou seja, é possível proporcionar ao educando uma aprendizagem adequada e apropriada ao seu nível cognitivo, desde de que, a ele, sejam apresentados conceitos básicos a sua compreensão. Uma vez que o aluno capte a ideia de uma sentença ou proposição, ele será capaz mais rapidamente de influir sobre outras sentenças mesmo que elas sejam mais abrangentes ao assunto estudado.

Assim, o tratamento de temas tão específicos da Biologia e Genética Molecular como os processos de replicação e transcrição, expressão gênica e a mutação foram o objetivo desta pesquisa, que teve também outras finalidades como: contribuir com os alunos da educação básica na ampliação de conhecimentos científicos, e aos professores de Biologia a possibilidade de terem um material a disposição aos seus estudos e trabalho.

O ensino de Genética pela sua importância e papel que cumpre na sociedade deve ser cada vez mais estudado, e a inserção e disponibilidade de materiais no Programa de Pós - graduação em Ensino de Ciências Naturais (PPGECN), na linha de pesquisa Processos de ensino e aprendizagem em Educação Científica, representa um avanço na área e um suporte para que outros trabalhos também sejam realizados melhorando cada

vez mais a prática docente, e conseqüentemente, o interesse e a aquisição de conhecimento pelos alunos.

Para tanto, a metodologia aplicada foi a de assimilação de conceitos, através das representações mentais construídas, por meio de imagens, vídeos, associação entre teoria e estudo de caso, aplicação de um software educacional e avaliações tendo vista a análise de resultados em observância as ferramentas utilizadas na pesquisa.

Para uma melhor compreensão e análise o presente trabalho foi estruturado em três capítulos:

Capítulo 1 – Referencial Teórico. Traz a abordagem da Biologia e Genética Molecular no contexto histórico e avanços proporcionados à sociedade, e também a abordagem dos processos cognitivos da aprendizagem, a importância da tecnologia no processo educacional e os tipos de avaliações utilizadas na pesquisa que foram a diagnóstica, formativa e somativa.

Capítulo 2 – Metodologia. Apresenta a organização do plano de aula para a aplicação da pesquisa e produto educacional.

Capítulo 3 – Resultados e discussão. Traz a caracterização da instituição, do corpo docente e discente envolvidos na pesquisa, o panorama geral dos resultados alcançados pelos educandos nas avaliações e uma síntese sobre a importância da utilização de um produto educacional como estímulo ao aprendizado.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Provavelmente a melhoria da atividade profissional do professor, passa pela análise constante do seu conhecimento e da sua prática educativa (ZABALA, 2010).

A importância do seu trabalho está em ser participante da permanência do educando dentro do processo de aquisição do saber e conseqüentemente da elevação do seu patamar cultural, da formação de suas convicções e do seu modo de viver (LUCKESI, 2011).

Quanto ao ensino de temas referentes as áreas da Biologia e Genética Molecular que exigem o entendimento de conceitos científicos tão rebuscados e abstratos, encontrar estratégias em modelos representacionais, que facilite o intercâmbio das relações biológicas é acreditar que eles podem contribuir para ampliar o conhecimento científico da organização e o funcionamento biológico (JÚNIOR e GOBARA, 2016).

A utilização de modelos representacionais pode ser encontrado em muitos trabalhos que envolvem a ciência, eles tem a função de aproximar o conhecimento do campo das ideias para o conhecimento concreto e observável que melhor explique uma situação, neste caso, a compreensão de certos fenômenos não observáveis ou parcialmente observáveis do conteúdo celular (ANDRADE e CALDEIRA, 2009).

Por fim, as estratégias de ensino estão vinculadas a um planejamento e ação crítica desse planejamento que corresponde a avaliação de um projeto. Não basta pensar nos meios, técnicas e sofisticação dos recursos tecnológicos, se não aprender a meditar sobre os fins e valores que devem orientar a Educação, que são o desenvolvimento do educando em relação às suas habilidades, capacidades cognitivas e formação das suas convicções em instâncias sociais que vão muito além da escola (LUCKESI, 2011).

Assim, pela extensão da proposta de discussão dos avanços nas áreas a Biologia e Genética Molecular, a necessidade de conexões entre as etapas do processo de síntese proteica e mutação gênica, a discussão das estratégias educacionais que facilitem o processo de ensino e aprendizagem e a avaliação como resultado de verificação de um plano de ensino, que este capítulo foi dividido como se encontra abaixo.

Biologia e Genética Molecular: aborda a importância do estudo das células, suas descrições e o histórico evolutivo das áreas.

Mecanismos de replicação e transcrição do DNA, síntese proteica e mutação gênica: concentra-se no detalhamento das estruturas, processos e conceitos científicos destes temas para uma melhor compreensão da pesquisa.

Avanços da Biologia e Genética Molecular: Trata sobre o ritmo das descobertas científicas e a aplicabilidade na sociedade.

Processo cognitivo da aprendizagem: Ocupa em estudar a atribuição de significados, da compreensão, armazenamento e uso da informação envolvida na cognição e no aprender por descoberta do aluno como agente de construção do seu conhecimento.

Representação Mental: Destaca a importância das representações para compreensão da estrutura e funcionamento do DNA.

Tecnologia Educacional: Trata dos avanços tecnológicos na área educacional.

Tipos de Avaliações: Faz uma contextualização sobre a importância da avaliação e sobre os tipos de avaliação diagnóstica, formativa e somativa.

2.1. BIOLOGIA E GENÉTICA MOLECULAR

O estudo das células abrange uma das áreas das ciências de mais rápido progresso, avanços e descobertas (COOPER e HAUSMAN, 2012).

O corpo humano é composto por mais de 200 tipos de células diferentes e apesar de ter predominantemente a característica microscópica corresponde a um mundo à parte dentro de um organismo. Quando analisada internamente é uma estrutura independente que realiza todas as ações necessárias ao seu funcionamento, é altamente organizada e complexa (BRUCE *et al.*, 2011).

Ela pode ter forma variada, compor diferentes sistemas e ser detentora de uma maquinaria química altamente específica que garante ao indivíduo que a compõe o equilíbrio necessário ao seu desenvolvimento (BRUCE *et al.*, 2011).

Embora o seu estudo tenha sido estabelecido com a Teoria Celular de Schleiden e Schwann em 1838 e 1839, a primeira observação de uma célula e a sua denominação foi definida em 1665, quando o cientista Robert Hooke, após analisar cortiças (tecido vegetal formado por células mortas), em um microscópio rudimentar, observou pequenos compartimentos vazios, o qual denominou de células (CARVALHO e RECCO-PIMENTEL, 2013).

Mais tarde Hooke e seu contemporâneo Antoni van Leeuwenhoek foram capazes de visualizar células vivas, revelando um mundo não visto anteriormente de abundantes organismos microscópicos visíveis (ALBERTS *et al.*, 2011).

Hoje sabe-se que as células surgem somente a partir de outras preexistentes, podem ter desde formas mais solitárias chamadas de células unicelulares (bactérias e protozoários), quanto formas superiores, que adquiriram diferentes especialidades e divisão de trabalho, como as células multicelulares (algas, fungos, esponjas) e as pluricelulares (animais e plantas) (CARVALHO e RECCO-PIMENTEL, 2013).

A olho humano as células somente podem ser discriminadas por dois pontos separados por mais de 0,1 mm (100 μm), porém, a maioria das células são muito menores e, para estudá-las, é necessário o poder de resolução (0,2 μm) de um microscópio óptico também conhecido como microscópio de luz (ROBERTIS e HIB, 2016).

As subestruturas celulares como as organelas são ainda menores e somente com o auxílio do microscópio eletrônico, que possibilita ampliação de cerca de 1.000.000x o tamanho da estrutura celular e onde as imagens ainda podem sofrer aumentos finais de

10.000.000x, que a maior profundidade e foco destas estruturas podem ser detalhados, melhorando e muito a visualização em relação ao microscópio óptico (ROBERTIS e HIB, 2016).

2.1.1. *Compartimentalização da célula – da membrana plasmática ao núcleo*

As células apresentam duas partes morfológicamente bem distintas – o citoplasma e o núcleo - entre as quais existe um trânsito constante de moléculas diversas nos dois sentidos. O citoplasma é envolto pela membrana plasmática e o núcleo pelo envoltório nuclear (JUNQUEIRA e CARNEIRO, 2017).

A membrana plasmática é a estrutura que separa o conteúdo da célula do meio externo. Trata-se de uma fina película de 6 a 10nm de espessura, que revela especializações como conectores que ligam as células. São estes que controlam de maneira seletiva a passagem de solutos, e processos que promovem por endocitose e exocitose, a entrada e saída de macromoléculas na célula (ROBERTIS e HIB, 2016).

O citoplasma é o compartimento onde se encontram diversas estruturas distribuídas em formas, tamanhos e funções que são as organelas citoplasmáticas. Nele é onde ocorre a maior parte do metabolismo celular e é o local de várias reações químicas fundamentais como a síntese proteica (ALBERTS *et al.*, 2011).

O núcleo parte integrante das células eucariotas foi descrito decisivamente como uma estrutura essencial para o funcionamento celular, pelo escocês Robert Brown, em 1833. O termo núcleo vem do grego *nux*, e se refere a semente, estrutura fundamental dos frutos (CARVALHO e RECCO-PIMENTEL, 2013). Ele corresponde ao local da célula onde as decisões são tomadas sobre o que será fabricado, em qual momento, e, em qual quantidade (FARAH, 2007). Nas células humanas que tem média 10 μ de diâmetro, o núcleo, contém 46 cromossomos (MALUF e RIEGEL, 2011).

Ao microscópio óptico, quando a célula se prepara para se dividir em duas células-filhas, esses cromossomos tornam-se visíveis e compactos, o que proporciona uma maior facilidade para observação e análise (ALBERTS, *et al.*, 2011).

Quanto ao número e a forma, os cromossomos de uma espécie são constantes e se mantêm como tal durante os repetidos ciclos da divisão celular (CARVALHO e RECCO-PIMENTEL, 2013).

A única exceção a regra corresponde as hemácias, células vermelhas do sangue. Durante a diferenciação celular, para melhor desempenhar a função de transportar oxigênio, nutrientes e gás carbônico, essas células eliminam seu núcleo, e assim,

obviamente passam a não apresentar cromossomos, nem DNA, nem genes (FARAH, 2007).

No entanto, todas as outras células tem o núcleo como o maior centro de controle, e detentor de uma das estrutura que rege a atividade do organismo desde o primeiro instante do desenvolvimento embrionário até a morte – o DNA (ROBERTIS e HIB, 2016).

As moléculas de DNA são polímeros extremamente longos que codificam as informações genéticas do organismo, o chamado genoma (ALBERTS, *et al.*, 2011).

Esse genoma é um conjunto essencial de instruções que as células usam para se manterem vivas e em virtude de sua importância, muitos esforços tem sido feitos para compreende-lo (SNUSTAD e SIMMONS, 2017).

2.1.2. História da Genética Molecular

As contribuições para o estudo da Genética Molecular, remonta em olhar o passado e chegar em meados do século 19, “quando o monge austríaco Gregor Mendel, criou o alicerce de uma revolução na biologia, que acabou por dar origem a uma ciência totalmente nova – a Genética” (SNUSTAD e SIMMONS, 2017, p.36).

Por meio de experimentos com ervilhas cultivadas em seu jardim, no mosteiro de Brunn, na Áustria, atual República Checa, Mendel chegou à conclusão de que a transmissão dos caracteres hereditários era feita por “fatores” que se encontravam nos gametas (LOPES E ROSSO, 2008).

As ideias de Mendel, publicadas em 1866 sob o título “Experimentos na hibridação de plantas”, tentavam explicar o mecanismo de herança das características dos organismos (SNUSTAD e SIMMONS, 2017).

Ele chegou às suas conclusões sem mesmo saber o que eram cromossomos e sem conhecer os processos de divisão celular por mitose e meiose (LOPES E ROSSO, 2008).

O significado dos trabalhos de Mendel apesar de muito importantes permaneceram ignorados até 1900, quando foi redescoberto por três biólogos: Hugo de Vries, Carl Correns, e Erik Von Tschermak (BURNS e BOTTINO, 2008).

Cada um deles através de seus próprios experimentos, e ao lerem a literatura antes de publicarem seus resultados, descobriram independentemente que os seus trabalhos sobre hereditariedade já tiveram sido estudados com detalhes por Mendel anos antes (BROWN, 2016).

Até este momento da história, a terminologia “gene” não existia, porém com os experimentos dos cientistas citados anteriormente o processo de hereditariedade já se mostrava como seguindo regras previsíveis e podiam ser entendidos como passagem de fatores físicos e biológicos, controlando uma característica distinta. Para esses fatores de sequência específica de ácidos nucleicos associadas com as características hereditárias, Wilhen Johannsen, em 1909, criou e propôs o termo “gene” (BROWN, 2016).

No início do século 20, os geneticistas tinham ideias imprecisas sobre o mecanismo de como os genes produziam fenótipos específicos. Eles não sabiam nada sobre a estrutura química e função do gene, e nem haviam desenvolvido técnicas para estudá-la (SNUSTAD e SIMMONS, 2017).

Foi somente de 1944 que a descrição do gene como molécula se tornou algo mais concreto. Através dos trabalhos de Oswald Avery, Colin Macleod e Maclyn McCarty, foram fornecidas as primeiras evidências de que o DNA, era a molécula hereditária (CARVALHO e RECCO-PIMENTEL, 2013).

Fato reforçado em 1952 pelos trabalhos de Alfred Hersey e Martha Chase, que através de experiências com marcadores radioativos (^{35}S e ^{32}P) em culturas de fagos, demonstraram que o DNA é o material genético das células e importante fator da transmissão da hereditariedade. O experimento conduzido por eles, consitiu em verificar que o vírus após infectar células bacterianas introduz o seu material genético e conduz a maquinaria de multiplicação viral (OLIVEIRA, SANTOS e BELTRAMINE, 2004).

Em 1953, uma das mais significativas descobertas em biologia, foi enfim, apresentada ao mundo. Nesse ano a estrutura molecular em dupla hélice do ácido desoxirribonucleico (D.N.A), foi proposta por James Watson e Francis Crick (BURNS e BOTTINO, 2008).

Os avanços dos trabalhos que vieram depois foram diversos e conexões entre DNA, RNA e síntese proteica começaram a emergir. A tecnologia de manipulação do DNA, em meados do século XX, permitiram que o conhecimento na estrutura dos genes fosse reformulado para o conceito clássico de gene como segmento de um determinado número de nucleotídeos que carrega em uma ordem específica trechos de DNA utilizados no processo de transcrição e para muitos casos no de tradução (CARVALHO e RECCO-PIMENTEL, 2013).

O mecanismo de regulação da atividade dos genes e a maneira pela qual a informação codificada no DNA era traduzida para proteína foi esclarecido em 1961 por

François Jacob e Jaques Monod, que realizaram experimentos com regulação gênica em bactérias (BURNS e BOTTINO, 2008).

O código genético, como é chamado o sistema de codificação dos seres vivos, foi decifrado por Marshall W. Nirenberg, Heinrich Mattaei e Phil Leder. Estes conseguiram sintetizar pequenas moléculas de RNA e também decifrar o código exato de cada aminoácido que estão codificados nas 64 possibilidades de trincas de nucleotídeos das informações trazidas pelo RNA mensageiro (RNAm) (BURNS e BOTTINO, 2008).

Hoje o estudo sobre funcionamento dos genes está entrelaçado aos programas de sequenciamento do Projeto Genoma Humano, que traz consigo um esforço mundial para identificar a sequência de aproximadamente três bilhões de partes de nucleotídeos no DNA humano e também nos de bactérias, fungos, vegetais, protistas e animais (SNUSTAD e SIMMONS, 2017).

Alguns alvos desses projetos de sequenciamento têm significado médico, agrícola e/ou comercial; outros apenas nos ajudam a compreender a organização dos genomas e sua diversificação durante a história da vida na Terra (SNUSTAD e SIMMONS, 2017). Este trabalho oportunizou que essa visão de célula como unidade fundamental da vida dos seres vivos e de transmissão da vida entre gerações fosse o estímulo de compreensão das potencialidades, fundamentos e conceitos principais da Biologia e Genética Molecular (CARVALHO e RECCO-PIMENTEL, 2013).

2.2. MECANISMOS DE REPLICAÇÃO E TRANSCRIÇÃO DO DNA, SÍNTESE PROTEICA E MUTAÇÃO

“Conhecer o DNA é conhecer a célula, e, em um sentido mais amplo, conhecer o organismo ao qual essa célula pertence” (SNUSTAD e SIMMONS, 2017, p.1).

O conhecimento da célula como estrutura fisiologicamente ativa, organizada, dinâmica, e funcional inicia-se com o estudo da célula a partir de seus constituintes químicos (CARVALHO e RECCO-PIMENTEL, 2013).

2.2.1. Natureza química do DNA e do RNA

Há dois tipos de ácidos nucleicos: o ácido desoxirribonucleico, conhecido pela sigla DNA e o ácido ribonucleico, conhecido pela sigla RNA (AMABIS e MARTHO, 2016).

Os ácidos nucleicos são constituídos por subunidades repetidas, os nucleotídeos. Cada nucleotídeo é constituído por um (a) um grupo fosfato, (b) um açúcar monossacarídeo com cinco átomos de carbono e (c) um composto de bases nitrogenadas (Figura 1) (SNUSTAD e SIMMONS, 2017).

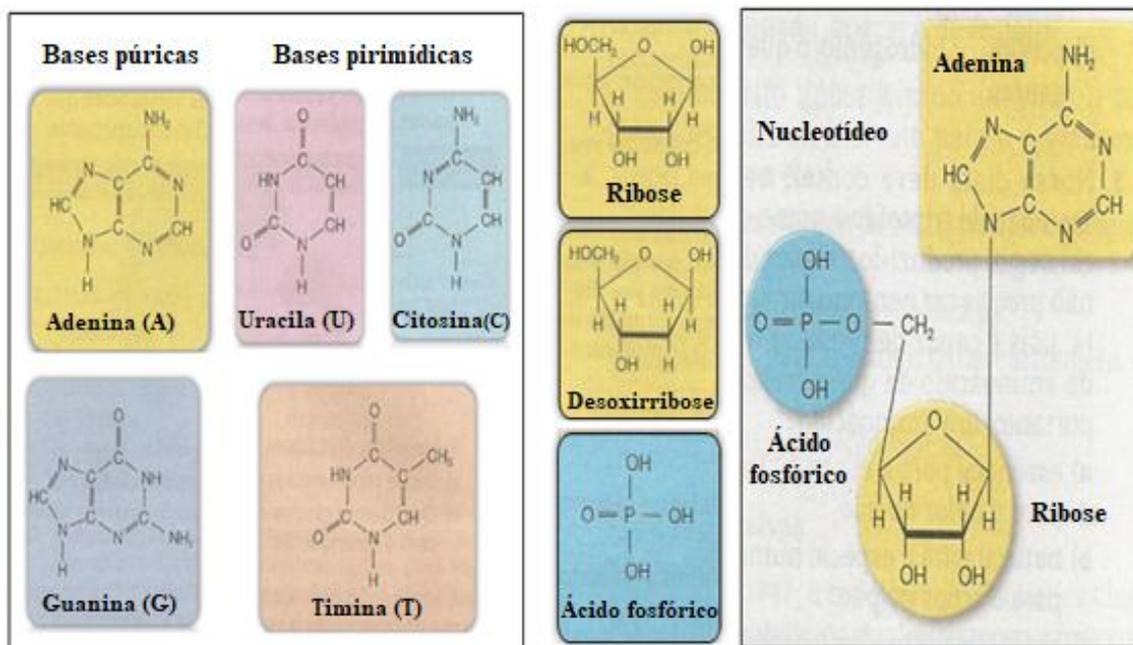


Figura 1. Componentes dos nucleotídeos - DNA e RNA
Fonte: Amabis e Martho, 2016

O nome DNA e RNA deve-se ao fato de apresentarem, respectivamente, os monossacarídeos desoxirribose e ribose em suas moléculas (AMABIS e MARTHO, 2016).

Dos cinco tipos de bases nitrogenadas presentes nos ácidos nucleicos, três ocorrem tanto no DNA quanto no RNA, são elas: a citosina (C) a adenina (A), e a guanina (G). A base nitrogenada timina (T) ocorre exclusivamente no DNA, enquanto a base uracila (U) está presente apenas no RNA (AMABIS e MARTHO, 2016).

A adenina e a guanina são bases de anel duplo chamadas de purinas e a citosina, a timina e a uracila são bases de anel simples chamadas pirimidinas (SNUSTAD e SIMMONS, 2017).

O mais básico papel dos nucleotídeos nas células é o armazenamento de informação biológica. Nos ácidos nucleicos essas subunidades ficam unidas por ligação covalente por meio de uma ligação fosfodiéster entre o grupo fosfato ligado ao açúcar de um nucleotídeo e o grupo hidroxila do açúcar do nucleotídeo seguinte (AMABIS e MARTHO, 2016).

O pareamento de bases é específico: adenina sempre se liga com timina (A-T), e guanina sempre se liga com citosina (G-C). A configuração específica de pareamento de cada ligação ao hidrogênio das bases são respectivamente uma dupla ligação entre as bases adenina e timina (A = T) e a formação estrutural de três pontes de hidrogênio entre as bases guanina e citosina (G ≡ C) (Figura 2) (SNUSTAD e SIMMONS, 2017).

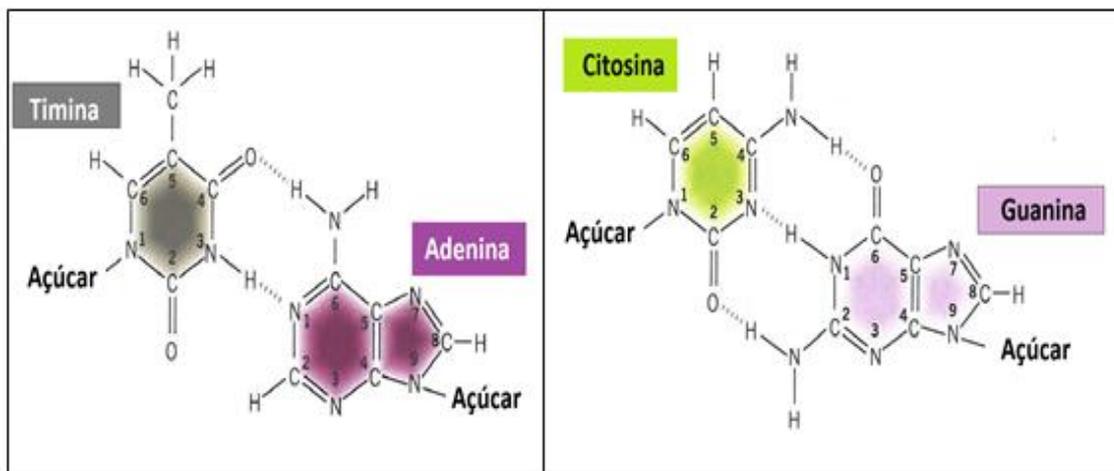


Figura 2. Ligação das pontes de hidrogênio entre as bases nitrogenadas
Fonte: Snustad e Simmons, 2017

2.2.2. Estrutura da dupla hélice do DNA

A dupla hélice de DNA consiste em uma sequência de nucleotídeos unidos por ligações covalentes de fosfodiéster associadas por subunidades de desoxirribose (AMABIS e MARTHO, 2016).

Ele aparece na forma de uma molécula dupla de polinucleotídeos ocorrendo de forma antiparalela uma em relação à outra, e mantidas juntas por ligações de hidrogênio (ALBERTS *et al.*, 2011). Ao longo da dupla hélice de DNA, “as ligações fosfodiéster de um filamento vão de um carbono 3` de um nucleotídeo a um carbono 5` do nucleotídeo adjacente enquanto no filamento complementar seguem de um carbono 5` para um carbono 3`” (Figura 3) (SNUSTAD e SIMMONS, 2017, p.196).

Nesse arranjo cada par de bases possui uma largura idêntica, mantendo a estrutura entre o açúcar e o fosfato com a mesma distância ao longo da molécula de DNA. Para melhorar a eficiência de compactação pelo pareamento, as duas cadeias enrolam-se ao redor da outra para formar a dupla hélice, com uma volta completa a cada 10 pares de bases (ALBERTS *et al.*, 2011).

Essa polaridade oposta dos filamentos garante a complementariedade da dupla hélice de DNA fato importante para os processos de replicação e transcrição (Figura 3) (SNUSTAD e SIMMONS, 2017).

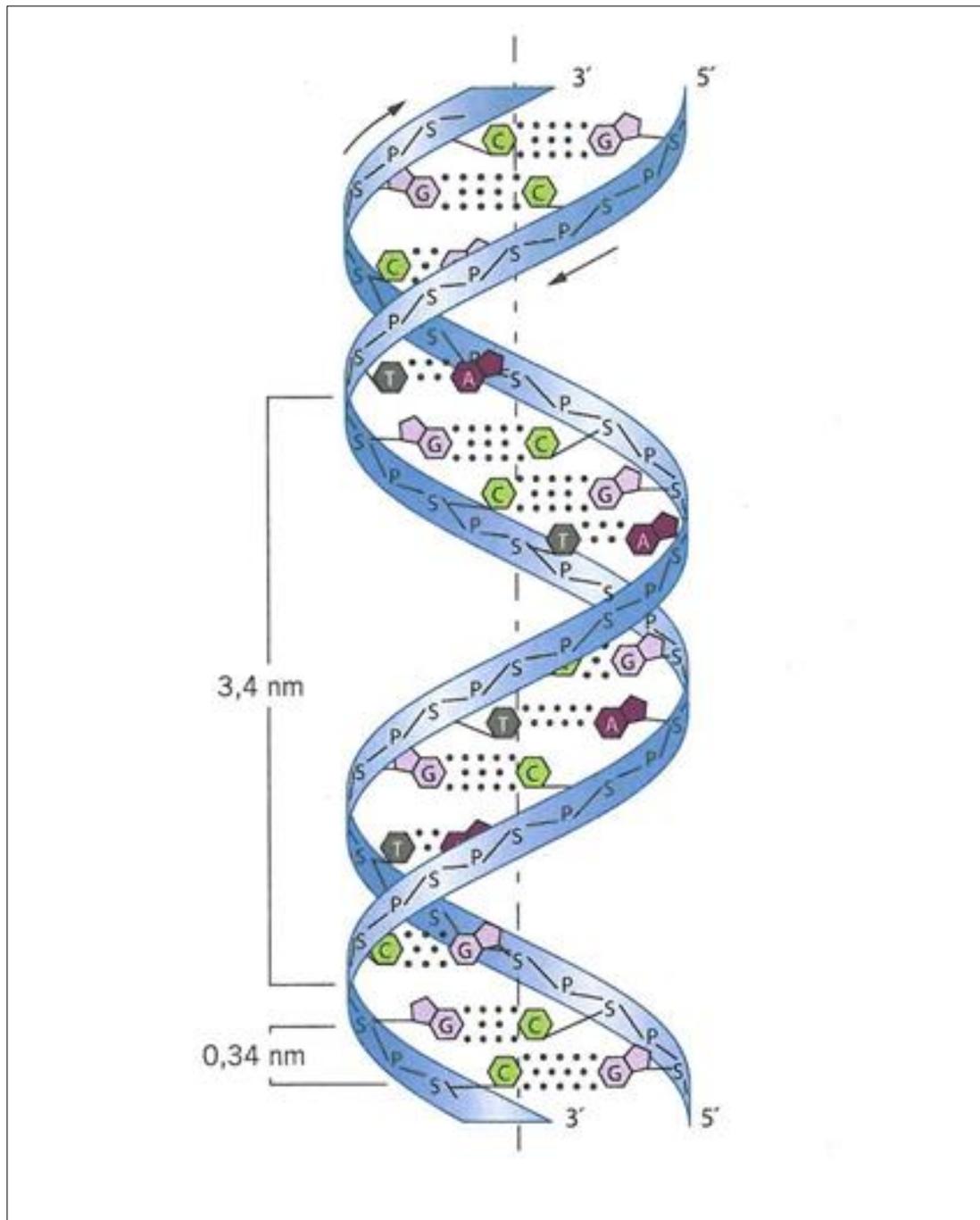


Figura 3. Estrutura da dupla hélice de DNA
Fonte: Snustad e Simmons, 2017

2.2.3. *Replicação do DNA*

Depois do processo de fecundação entre o espermatozoide e o ovócito, o zigoto dará origem a centenas de células durante o desenvolvimento fetal. Em média o ser humano adulto tem cerca de 65 trilhões de células que se multiplicam continuamente em um conjunto preciso de replicações (SNUSTAD e SIMMONS, 2017).

Essa precisão celular depende da duplicação ordenada de grandes quantidades de informações genéticas armazenadas na forma química do DNA (ALBERTS *et al.*, 2011).

Além da característica de ocorrer poucos erros no processo de duplicação, por causa da precisão, a velocidade de encaixe de nucleotídeos para a síntese de um novo filamento de DNA é da ordem de aproximadamente 3.000 nucleotídeos por minuto (SNUSTAD e SIMMONS, 2017).

O início para todo esse processo de replicação é a utilização da fita molde de DNA, que ordena a sequência de nucleotídeos a uma nova fita que é complementar a fita molde (ALBERTS *et al.*, 2011).

Do ponto de vista químico a adição sucessiva de novas unidades de nucleotídeos, que são ligados covalentemente à cadeia em crescimento e interagem por ligações de hidrogênio com bases dos nucleotídeos na fita molde segue sempre o sentido 5' → 3' (CARVALHO e RECCO-PIMENTEL, 2013).

Porém o processo de síntese de DNA não ocorreria com velocidade e precisão necessárias à replicação do material genético dentro da célula se não fosse pela atuação de enzimas (CARVALHO e RECCO-PIMENTEL, 2013).

O processo de replicação do DNA é catalisado por diversas enzimas. Entre elas destacam-se a helicase e a polimerase do DNA. A primeira catalisa a quebra das ligações de hidrogênio fazendo com que as duas cadeias se separem. A segunda orienta o emparelhamento de nucleotídeos livres à cadeia molde e a união (AMABIS e MARTHO, 2016).

A replicação do DNA na maioria das células eucarióticas ocorre durante apenas parte do processo do ciclo celular, chamada de fase de síntese de DNA, ou fase S. Nas células de mamíferos a fase S normalmente dura cerca de oito horas. Ao término dessa fase, cada cromossomo foi replicado produzindo duas completas cópias que passam a esperar o processo de mitose.

No final do processo, duas cópias da molécula de DNA original foram produzidas, cada cópia possui uma fita que já estava presente na molécula original e uma fita

complementar nova que foi sintetizada durante o processo, ou seja, a replicação é semiconservativa (Figura 4) (CARVALHO e RECCO-PIMENTEL, 2013).

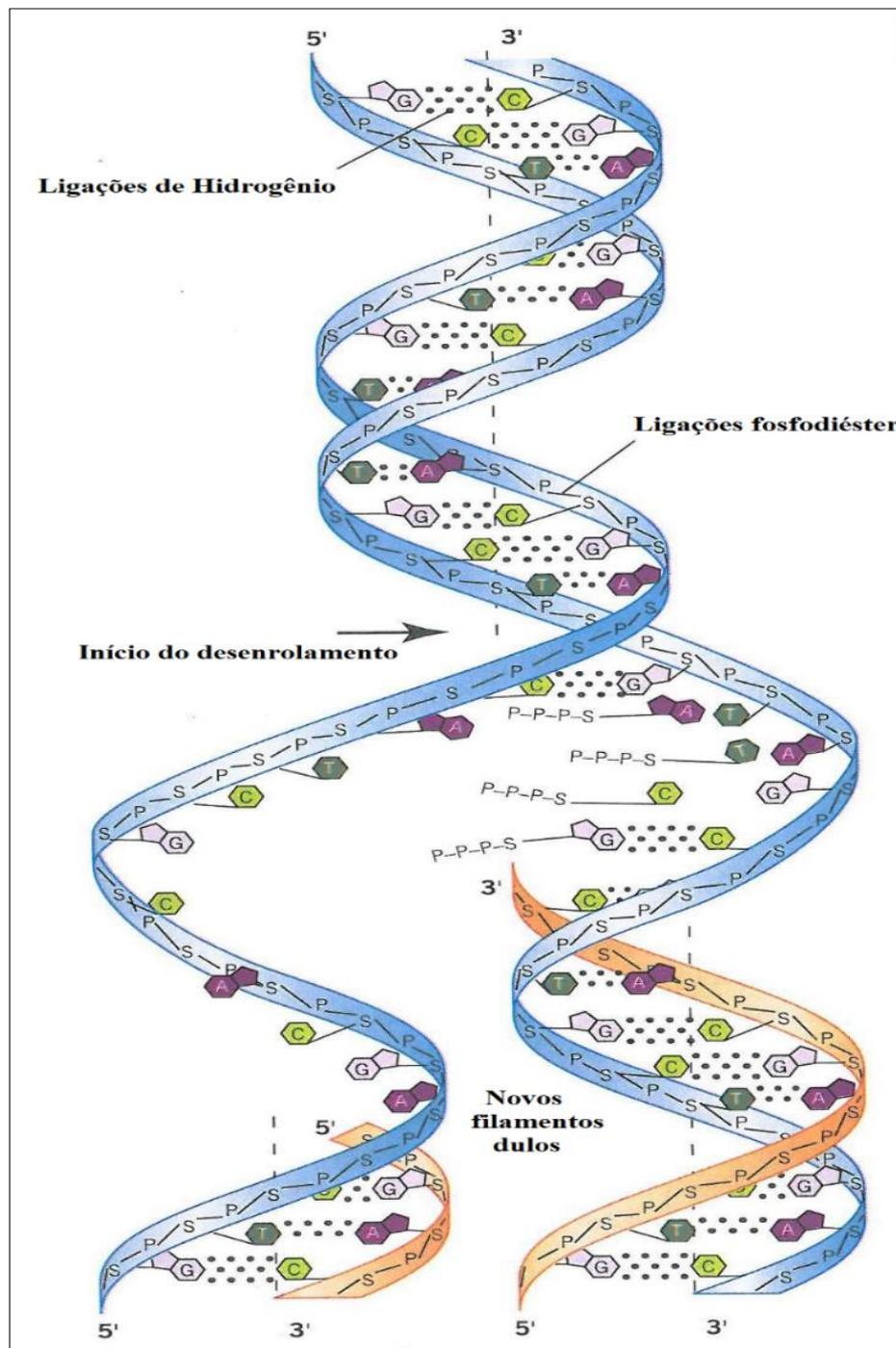


Figura 4. Início do processo de replicação do DNA
Fonte: Snustad e Simmons, 2017

2.2.4. *Transcrição do RNA e Código genético*

A transcrição e a tradução são caminhos pelos quais as células interpretam e expressam, as informações genéticas (ALBERTS *et al.*, 2011).

Para isso o DNA contém específicas sequências de nucleotídeos, os genes, que podem ser utilizados para sintetizar RNA e por consequência as proteínas (SNUSTAD e SIMMONS, 2017).

Existem três tipos principais de RNA: o RNA mensageiro (RNAm), o RNA transportador (RNAt), e o RNA ribossômico (RNAr) (CARVALHO e RECCO-PIMENTEL, 2013).

Os RNAm (mensageiros) são responsáveis por levar informações genéticas do DNA para os ribossomos, local onde serão produzidas as proteínas (SNUSTAD e SIMMONS, 2017).

Os nucleotídeos desta molécula seguem uma sequência de leitura em trincas de bases nitrogenadas sob a forma de códons, produtos gênicos que especificam a informação de um aminoácido (SNUSTAD e SIMMONS, 2017).

Os aminoácidos por sua vez fazem parte do sistema de codificação genética dos seres vivos, denominado código genético. Nele os quatro tipos de bases nitrogenadas (A, U, C e G) combinados em trincas podem formar 64 códons diferentes que são suficientes para codificar 20 tipos de aminoácidos que entram na composição das proteínas (AMABIS e MARTHO, 2016).

Os RNAt (transportadores) são moléculas pequenas com cerca de 75 a 90 ribonucleotídeos que atuam como adaptadores entre os aminoácidos e os códons no RNAm durante o processo de tradução (SNUSTAD e SIMMONS, 2017).

Ele possui duas regiões bem características, em uma dessas há uma trinca de bases nitrogenadas capaz de emparelhar-se, por ligações de hidrogênio, ao códon complementar do RNAm o chamado anticódon. E na outra região, um local capaz de ligar-se a um aminoácido específico correspondente ao anticódon (AMABIS e MARTHO, 2016).

O RNAr (ribossômicos) são componentes estruturais e catalizadores dos ribossomos, unidades responsáveis pela tradução das sequências de nucleotídeos em sequência de aminoácidos das proteínas e geralmente em eucariotos sua síntese ocorre no nucléolo (SNUSTAD e SIMMONS, 2017).

A maioria dos genes carregados no DNA das células especifica a sequência de aminoácidos que fará parte das proteínas. Porém, como produto final de uma quantidade menor de genes a base para produção poderá ser o próprio RNA (ALBERTS *et al.*, 2011).

Muitas outras moléculas de RNAs atuam como componentes estruturais e enzimáticos de uma ampla variedade de processos celulares como os envolvidos no processamento do pré-RNA, reconhecimento de proteínas no citoplasma, manutenção do telômero entre outras ações (CARVALHO e RECCO-PIMENTEL, 2013).

A transcrição do RNA tem início com a ação de fatores regulatórios – os promotores, que são sequências de DNA que se encontram nas regiões próximas ao gene. Eles se ligam às enzimas polimerase RNA (RNAPol), para então, dar início a abertura da dupla fita de DNA (STRACHAN e READ, 2013).

À medida que separa as cadeias do DNA, essa enzima também orienta o emparelhamento de ribonucleotídeos livres em uma das cadeias, através de ligações fosfodiéster, que serve assim de molde para síntese de RNA, a outra cadeia de DNA torna-se inativa (AMABIS e MARTHO, 2016).

O “transcrito de RNA é complementar à fita molde do DNA, apresentado na mesma orientação 5` → 3` e a mesma sequência de bases (exceto que U substitui o T) da fita de DNA oposta, que não serviu como base” (STRACHAN e READ, 2013, p.275).

O término das cadeias de RNA ocorre quando a RNA polimerase (RNAPol) encontra um sinal de terminação. Quando isso ocorre o complexo de transcrição se dissocia liberando a molécula de RNA (SNUSTAD e SIMMONS, 2017).

As moléculas de RNA produzidas pela transcrição são liberadas do DNA sob a forma de fita simples. Além disso, como são copiados de partes específicas, eles acabam por ser consideravelmente menores que o DNA (Figura 5) (ALBERTS *et al.*, 2011).

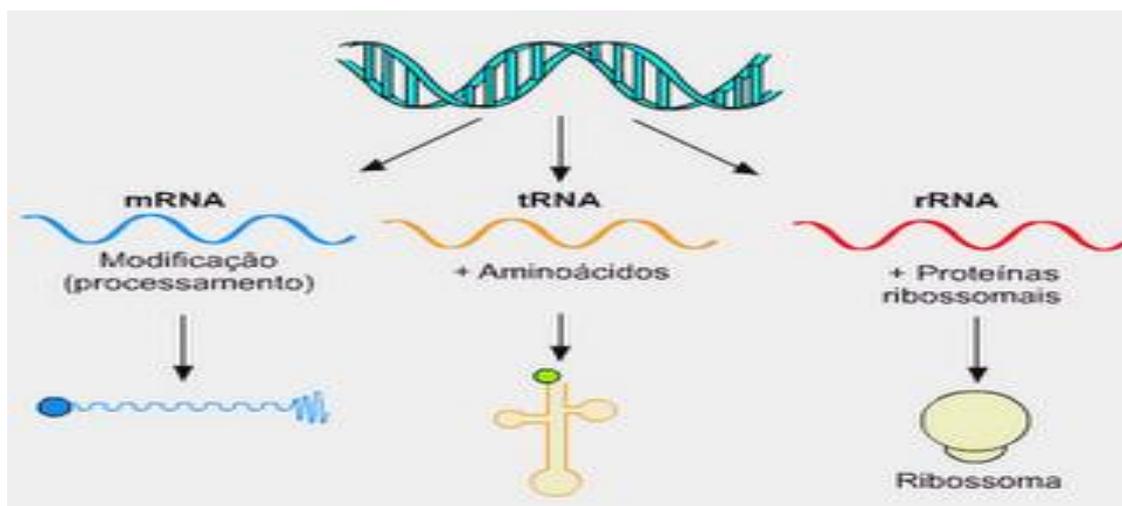


Figura 5. Tipos de RNAs - mensageiro, transportador e ribossômico

Fonte: GRACI, A. Tipos de RNA e funções mensageiro, ribossômico, transportador. **Essas e Outras.** 2013. Disponível em: <<https://essaseoutras.com.br/tipos-de-rna-e-funcoes-mensageiro-ribossomico-e-transportador-resumo/>>. Acesso em: 15 de nov. de 2018.

2.2.5. *Proteínas*

As proteínas são importantes moléculas sintetizadas segundo as instruções codificadas no material genético e exercem diversas funções dentro da célula como: estrutural, enzimática, energética e motora (CARVALHO e RECCO-PIMENTEL, 2013).

São constituídas a partir de uma longa cadeia de aminoácidos unidos por ligação peptídica, razão pela qual, elas também são chamadas de polipeptídeos (ALBERTS *et al.*, 2011).

As proteínas possuem diferentes arranjos dependendo da sua constituição, e, constituem cerca de 15 % do peso líquido da célula (SNUSTAD e SIMMONS, 2017).

Já foram identificados milhares de tipos de proteínas nos organismos, calcula-se que no corpo de uma pessoa existam entre 100 mil e 200 mil tipos diferentes destas moléculas (AMABIS e MARTHO, 2016).

As proteínas são sintetizadas nos ribossomos, que nas células eucariotas, estão no citoplasma, frequentemente entre as membranas do retículo endoplasmático (SNUSTAD e SIMMONS, 2017).

Os ribossomos são formados por duas subunidades, uma maior e outra menor. Na primeira existem três sítios, o P, onde se encaixa o primeiro RNAt correspondente ao códon de início da tradução e o sítio A, no qual se aloja o RNAt que trará o próximo aminoácido a ser incorporado a cadeia polipeptídica (AMABIS e MARTHO, 2016).

2.2.6. *Tradução ou síntese proteica*

A primeira etapa da expressão gênica, a transcrição requer a “transferência de informações armazenadas nos genes para o RNA mensageiro (RNAm) intermediário que leva essas informações até os locais de síntese de polipeptídeos no citoplasma” (SNUSTAD e SIMMONS, 2017 p.287).

Antes desse processo o RNAm chamado de pré-RNA ou transcrito primário precisa passar por um processo de remoção de partes de nucleotídeos os chamados de íntrons, segmento que não está presente na moléculas de RNA maduras. A parte restante desse processo de clivagem é chamada de éxons, um transcrito muito menor de RNA que contém o componente a ser expresso para o controle da síntese de proteínas (Figura 6) (CARVALHO e RECCO-PIMENTEL, 2013).

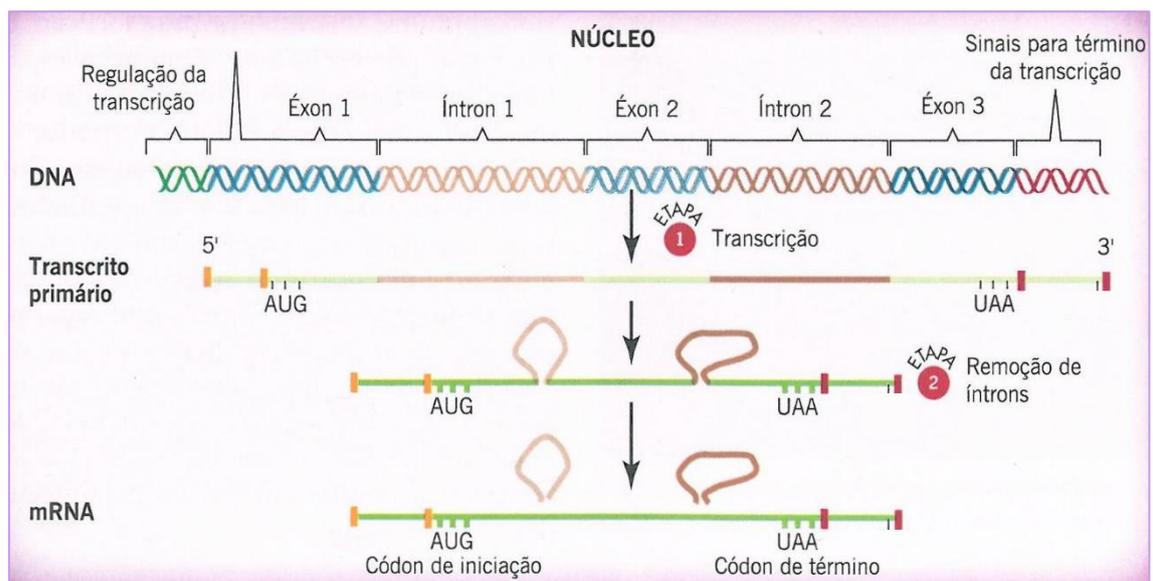


Figura 6. Modelo esquemático do processo de transcrição com remoção dos íntrons
Fonte: Snustad e Simmons, 2017, com modificações.

No citoplasma participam do processo de tradução os RNAm, o RNAt e o RNAr. Na organela conhecida como ribossomo, formada pela associação de RNAr e proteínas, o RNAm contendo códons irá se emparelhar com a sequência complementar trincas de nucleotídeos dos RNAt que especificam os aminoácidos que irão compor a cadeia de polinucleotídeos (SNUSTAD e SIMMONS, 2017). No ribossomo, são conhecidos quatro sítios de ligação dos RNA: um para o RNAm e três para o RNAt (A, P e E). No sítio A ocorre a incorporação de um RNAt com um novo aminoácido que formará pares de bases com o códon do RNAm. No sítio P encontra-se o RNAt já adicionado a cadeia de crescimento que irá realizar a ligação peptídica com o aminoácido do sítio A. O sítio E é responsável por pela saída do RNAt do ribossomo (CARVALHO e RECCO-PIMENTEL, 2013).

A tradução geralmente começa com o códon de iniciação AUG da extremidade 5`molécula do RNAm, que então reconhecida pelo anticódon RNAt que traz o aminoácido metionina para o sítio P do ribossomo no processo de iniciação (SNUSTAD e SIMMONS, 2017).

Uma vez iniciada a síntese de proteínas, cada novo aminoácido é adicionado à cadeia em extensão em um ciclo de reações contendo quatro passos principais: ligação do RNAt ao códon do RNAm, formação da ligação peptídica, translocação das subunidades grande e pequena polipeptídeos (ALBERTS *et al.*, 2011).

O crescimento da cadeia polipeptídica ocorre até que o sítio A do ribossomo encontre um dos códons UAA, UAG e UGA, conhecido como códons de parada, para os quais não existem RNAt com anticódon capaz de realizar o emparelhamento (Figura 7) (CARVALHO e RECCO-PIMENTEL, 2013).

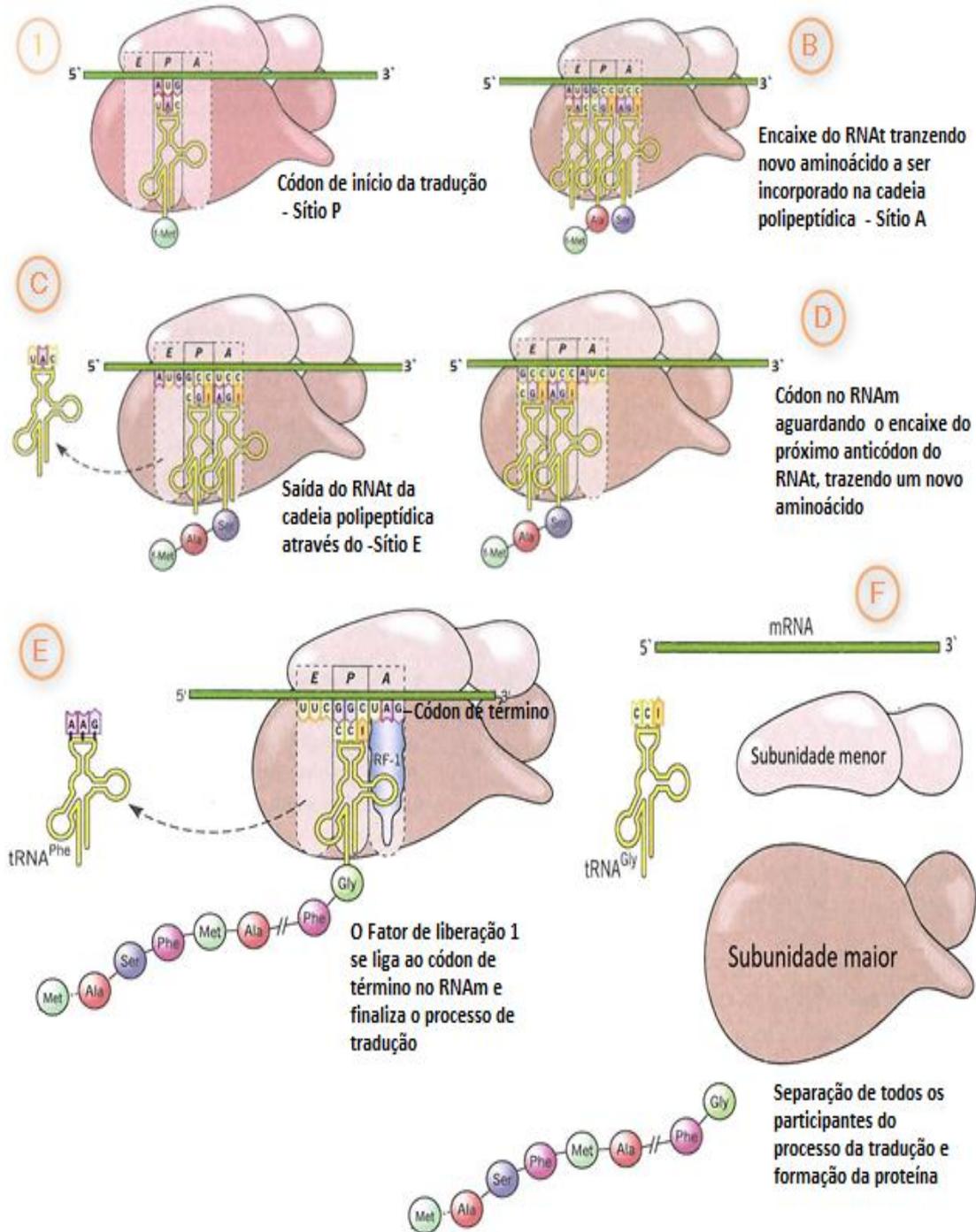


Figura 7. Esquema das etapas do processo de tradução.
Fonte: Snustad e Simmons, 2017 – Com modificação

2.2.7. *Mutação gênica*

As moléculas de DNA estão frequentemente sujeitas a alterações estruturais, que podem ocorrer espontaneamente ou serem induzidas por agentes físicos ou químicos. A região alterada do DNA que possui características e propriedades que a diferem do restante das células resulta em uma condição chamada de mutação (CARVALHO e RECCO-PIMENTEL, 2013).

A alteração gênica mais comumente encontrada é a substituição de um único par de nucleotídeos, porém alelos diferentes também podem carregar outras alterações como deleções, substituições e duplicações, e as mutações, assim, podem ser classificadas como: letal, condicional, com perda de função, nula, com ganho de função, negativa dominante e com ação supressora (ALBERTS *et al.*, 2011).

Normalmente quando um dano é detectado em uma célula eucariota, esta aciona o mecanismo de reparado e a estrutura inicial é restabelecida permitindo a manutenção das funções de órgãos ou tecidos, porém quando mutada a célula passa a não ser mais passível de reconhecimento pelo sistema de reparo e, adquire características próprias que serão herdadas pelas próximas gerações (CARVALHO e RECCO-PIMENTEL, 2013).

As estimativas de mutações espontâneas em eucariotos, são raras, na ordem de 10^{-7} a 10^{-9} mutações por um par de nucleotídeos por geração e, se considerar uma a região codificadora de gene na ordem de 1.000 pares de nucleotídeos de comprimento, a taxa de mutação varia de cerca de 10^{-4} a 10^{-7} mutações por geração (SNUSTAD e SIMMONS, 2017).

Entre os fatores que incidem sobre a ocorrências das mutações quando não espontâneas, como já foi dito, estão os agentes físicos como as radiações ionizantes que possuem alta energia e atravessam facilmente os tecidos celulares (raio X e gama), e as radiações não ionizantes que são menos agressivas, porém também mutagênicas como os raios ultravioletas (UVB e UVC) de comprimento de onda da ordem de 290 a 320 nm (CARVALHO e RECCO-PIMENTEL, 2013).

Os agentes químicos causadores de danos nas células são classificados de acordo com a ação no DNA. Na sociedade que hoje é tecnológica, todos os anos centenas de novas substâncias químicas são disseminadas tanto na indústria quanto na agricultura, o que exige cada vez mais a necessidade de verificação quanto a ação de mutagenicidade destas substâncias antes de serem difundidas no mercado (SNUSTAD e SIMMONS, 2017).

Como as mutações podem interromper os processos celulares, estudar organismos mutantes que adquiriram alterações ou deleções em suas sequências de nucleotídeos é uma prática importante dentro da genética, campo chamado de *rastreamento genético*. Isso normalmente é realizado com organismos que se reproduzem rapidamente como bactérias, leveduras, moscas-de-frutas e alguns animais (ALBERTS *et al.*, 2011).

Nos humanos os agentes mutagênicos também são carcinogênicos, ou seja, induzem o aparecimento de cânceres. Os estudos de rastreamento genético, então, são aplicáveis quando os indivíduos mutantes chamam a atenção por necessitarem de cuidados médicos. Avanços recentes de sequenciamento do genoma humano já têm trazido possibilidades em diagnosticar estas mutações e estudá-las, de modo, a buscar meios de saná-las ou impedir o seu progresso (ALBERTS *et al.*, 2011).

Porém, quando se fala de mutação, esta apresenta um outro aspecto que muitas vezes não é lembrado, a de que estas alterações permitem a variabilidade do material genético dos organismos, possibilitando com o tempo a evolução e adaptação a novas circunstâncias ambientais. Como exemplo tem-se a mutação no gene constituinte da hemoglobina (β globina), a troca de um par de nucleotídeo nesta proteína, estruturalmente causa as células do sangue, hemácias, a configuração no formato de foice, impedindo a eficiência do transporte de oxigênio no corpo. Essa condição que causa uma doença grave e pode levar a morte de pessoas, em algumas populações humanas, confere a elas a imunidade de infecção ao parasito causador da malária (SNUSTAD e SIMMONS, 2017).

Esforços colaborativos tem sido realizados para compreender a abrangência da função dos mecanismos moleculares relevantes dos genes em muitos organismos, o que fornece uma importante fonte de investigação e rastreamento dos fenótipos destes seres de uma forma rápida e rotineira com impacto em descobertas da biologia (ALBERTS *et al.*, 2011).

2.3. AVANÇOS DA BIOLOGIA E GENÉTICA MOLECULAR

O mundo hoje tem sido profunda e invariavelmente modificado pelos avanços das descobertas científicas e inovações tecnológicas. Nossa visão sobre a vida, as perguntas que fazemos, nossos valores e a forma como pensamos são produtos dessas mudanças que ocorrem em um ritmo cada vez mais acelerado (KREUZER e MASSEY, 2002).

Na compreensão da Biologia e Genética Molecular isto “é verdade não somente do ponto de vista da pesquisa básica, mas também em relação ao número crescente de aplicações práticas na medicina, agricultura, biotecnologia, ecologia e evolução” (COOPER e HAUSMAN, 2012, p.3).

Essas áreas têm modificado o modo como os cientistas fazem perguntas e utilizam informações, são exemplos disso; a terapia gênica, genética do câncer, tecnologia de bioprocessamento, bioinformática, biologia forense, melhoramento de animais e vegetais, aconselhamento genético, genômica e procedimentos instrumentais e metodológicos (KREUZER e MASSEY, 2002).

A terapia gênica consiste na correção de um gene defeituoso, por meio da transferência de material genético viral modificado, com o objetivo de corrigir ou eliminar doenças que envolvam fatores hereditários, degenerativos e infecciosos (FECCHIO, MACEDO e RICCI, 2015).

O objetivo da Genética do Câncer vem ao encontro com o estudo do diagnóstico precoce e tratamento imediato da doença. A neoplasia é o acúmulo anormal de células que devido a um desequilíbrio causa a proliferação celular descontrolada o que leva a formação de uma massa (neoplasma), que quando maligna pode invadir tecidos vizinhos ou se espelhar para locais distantes do foco do tumor (NUSSBAUM, MACINNES e WILLARD, 2008).

A tecnologia de Bioprocessamento é utilizada para explorar a maquinaria bioquímica dos micro-organismos, para desenvolver novos fármacos, degradar poluentes ambientais, sintetizar enzimas úteis nas indústrias têxtil, alimentícia química e de celulose (KREUZER e MASSEY, 2002).

Com a Bioinformática, os pesquisadores são capazes de construir e examinar enormes bancos de dados contendo informações de genes, proteínas, genomas, publicações e outros dados nos campos da Genética, Bioquímica e Biologia Celular (SNUSTAD e SIMMONS, 2017).

Análises da Ciência Forense aplicadas na esfera criminal para caracterizar o perfil genético de suspeitos e na esfera civil para a investigação da paternidade vem de análises de marcadores genéticos ou moleculares, por meio do isolamento do DNA de amostras biológicas coletadas por diversos meios como: tecidos, leucócitos, folículo piloso, espermatozoides, entre outros (DOLINSKY e PEREIRA, 2007).

Pesquisas com células vegetais e animais também são campos de atuação dessa área do conhecimento, a primeira no estudo de fitopatologia a qual garante o manejo de

pragas e fortalecimento das defesas naturais das plantas de cultivo, e a segunda para para o estudo evolutivo das espécies, melhoramento genético, produção de proteínas, hormônios e adaptação ao meio ambiente. Ambas com uma relativa preocupação quanto a segurança, manipulação e aplicação (SNUSTAD e SIMMONS, 2017).

O aconselhamento genético é um procedimento que lida com a ocorrência ou o risco de ocorrência de uma doença genética na família. Sua prática visa a facilitação de informações sobre o diagnóstico de riscos e limitações de uma determinada doença, sejam elas de condições mendelianas, cromossômicas ou multifatoriais, bem como o fornecimento de um suporte emocional, tendo o objetivo elementar a promoção da saúde e a qualidade de vida (PINTO, 2015).

A genômica é o campo da Genética que tenta compreender o conteúdo, a organização, o funcionamento e a evolução da informação genética contida em genomas. As informações de pesquisas resultantes nesse campo permitem contribuições para a saúde humana, agricultura e comparações entre sequências de organismos diferentes levando uma melhor compreensão da evolução e história da vida (PIERCE, 2013).

O aperfeiçoamento dos métodos de investigação instrumental e metodológico também é um ramo que tem tido contribuições importantes nessas áreas como a tecnologia de microscopia eletrônica, a análise de organelas, a manipulação do genoma por meio de adição e supressão de genes, as técnicas de pesquisas biológicas como a reação em cadeia da polimerase (PCR), citoquímica, imunocitoquímica, cromatografia, radioautografia e microscopia de fluorescência (BRUCE *et al.*, 2011).

Como é possível vislumbrar, a ciência e a tecnologia têm concedido aos humanos um grande domínio sobre o mundo natural, porém junto com esse domínio existe uma responsabilidade que devem partilhar: a de fazer escolhas previdentes, bem fundamentadas e ponderadas que assegurem que não venhamos fazer mau uso de todas as descobertas e saber adquiridos do estudo genético (KREUZER e MASSEY, 2002).

2.4. CONCEPÇÕES DO PROCESSO COGNITIVO DA APRENDIZAGEM

As concepções sobre a aprendizagem e em consequência as práticas pedagógicas que norteiam o trabalho de ensino e a avaliação em sala de aula são importantes para que se estabeleçam com clareza e coerência filosófica e atitudinal, a proposta de construção e ação do trabalho educativo (RABELO, 2004).

Para isso, as teorias de aprendizagens, são tentativas de sistematizar essas áreas de conhecimento de modo a prever observações, explicar, e compreender o mecanismo de como os alunos aprendem (MOREIRA, 2017).

As teorias que se assentam essa pesquisa vem de trabalhos de autores influentes mas em especial o autor Jerome S. Bruner, que contribuíram para a compreensão do processo de ensino e aprendizagem (STERNBERG e STERNBERG, 2016).

A psicologia cognitiva é o estudo de como as pessoas percebem, lembram e pensam nas informações recebidas e coordenadas pelo cérebro (STERNBERG e STERNBERG, 2016).

Durante muito tempo o cérebro humano foi considerado uma área impenetrável, fechada, incompreensível e indecifrável na avaliação dos processos que nele ocorriam (ALART, 2012).

Hoje sabe-se que cérebro é a unidade de processamento central de tudo o que fazemos. Entender como ele reage quando se pensa, fala, raciocina, aprende e recorda remontam em ações que visam compreender as bases físicas da nossa capacidade cognitiva (STERNBERG e STERNBERG, 2016).

Vigotski (2009), comenta que o cérebro possui uma enorme plasticidade, modificando com facilidade suas estruturas e conservando marcas dessas modificações. Nele acontece algo semelhante ao que acontece a uma folha de papel quando a dobramos ao meio. No local da dobra, fica a marca resultante da modificação feita, bem como a predisposição para repetir a mesma modificação no futuro.

Segundo Moreira (2017), o cognitivismo trata de uma orientação psicológica que se ocupa de variáveis que intervém nos chamados processos mentais superiores como: armazenamento organizado de informações, de conhecimentos, da percepção, resolução de problemas e tomadas de decisões.

Para Vygotski as atividades psicológicas superiores são aquelas que uma vez que as têm, ela possibilita a pensar objetos ausentes, imaginar eventos nunca vividos, planejar ações a serem realizadas em momentos posteriores e ultrapassar os mecanismos elementares das ações reflexivas e das associações automatizadas (OLIVEIRA, 1997).

Nessa ação a utilização de instrumentos e de signos são como agentes mediadores necessários para melhorar a possibilidade de informações e de controle da ação psicológica. Eles são interpretáveis como representações da realidade que podem referir-se a elementos ausentes do espaço ou tempo presente (OLIVEIRA, 1997).

As pessoas tem formas de representar internamente o mundo externo, elas não captam o mundo exterior diretamente elas constroem representações mentais (MOREIRA, 2017).

Ao longo do processo de desenvolvimento, o indivíduo deixa de necessitar de marcas externas e passa a utilizar signos internos, isto é, representações mentais que substituem os objetos do mundo real. Os signos internos, são como marcas exteriores, elementos que representam objetos, eventos e situações (VIGOTSKI, 2009).

Essas possibilidades de operações mentais não constituem uma relação direta com o mundo real fisicamente presente; a relação mediada por signos internalizados que representam os elementos do mundo, liberta o homem da necessidade concreta dos objetos em seu pensamento (OLIVEIRA, 1997).

A base orgânica dessa atividade reprodutiva ou da memória é a plasticidade da nossa substância nervosa presente no cérebro, cuja propriedade permite que ela seja alterada, porém conserve as marcas dessa alteração (VIGOTSKI, 2009).

Ele combina e reelabora, de forma criadora, elementos da experiência anterior construindo novas situações e novos comportamentos (VIGOTSKI, 2009).

Perrenoud (1999), apesar disso, comenta que a compreensão do pensamento do aluno pelos professores é uma tarefa difícil, na medida em que muitas vezes não é diretamente observável a assimilação de uma representação e de um conhecimento.

É preciso trabalhar a partir das concepções dos alunos, dialogar com eles e aproxima-los dos conhecimentos científicos. A competência do professor é, então, essencialmente didática, fundamentar-se nas representações prévias dos alunos sem se fechar nelas, e encontrar um ponto de entrada em seu sistema cognitivo, uma maneira de desestabiliza-los apenas o suficiente para levá-los a reestabelecerem o equilíbrio, incorporando novos elementos às representações existentes, e reorganizando-as caso necessário (PERRENOUD, 2000).

Assim torna-se importante na formação dos professores, estes se familiarizarem com as principais noções de psicologia do desenvolvimento e da aprendizagem para que seus conhecimentos teóricos, apesar de abstratos possam auxiliar os alunos a compreender em parte as representações que estes fazem do mundo que os cerca (PERRENOUD, 1999).

2.5. REPRESENTAÇÃO MENTAL E CONCEITUAL

A representação ou modelo mental vem sendo usado em várias áreas do conhecimento com diferentes abrangências de aplicações (MONTEIRO e JUSTI, 2000).

Em parte, isso deve-se a aceitação da ideia de que aprendemos o novo construindo modelos dele, a partir daquilo que já conhecemos (BORGES, 1999).

Através de modelos, os cientistas formulam questões acerca do mundo; interpretam, descrevem, e explicam fenômenos, elaboram e testam hipóteses; e fazem previsões (MONTEIRO e JUSTI, 2000).

A própria ideia de que ser humano é capaz de operar mentalmente sobre o mundo, fazendo relações, planejamentos, comparações, ou simplesmente lembrando um fato, supõe um processo de representação mental (PERRENOUD, 1999).

Jonhson Laird (2010), relata que as pessoas podem criar modelos mentais a partir da visão de como percebem o mundo a frente delas. Da mesma forma, que podem construir uma representação semelhante, embora menos rica, de um modelo mental do mundo com base no significado de descrições e de seus conhecimentos.

Segundo Perrenoud (1999), os conteúdos mentais muitas vezes tomam lugar do objeto, das situações e dos eventos do mundo real.

Voltando o assunto para a educação Damis (2016), comenta que é papel do educador cuidar para tornar claras as representações que são trazidas à mente do educando. Para isso o educador deve preocupar-se com o aprendizado desde o plano das sensações, e percepções, passando pelo da imaginação e da memória, até chegar ao pensamento conceitual e ao julgamento.

Entender as dificuldades de compreensão dos esquemas de representações dos alunos é em parte perceber que o desenvolvimento cognitivo do indivíduo exige a internalização de instrumentos e signos, proporcionados por agentes de interação que vão da organização do campo visual e espacial de objetos, até as relações de cadeia de associações que leva ao estágio complexo da generalização e abstração do pensamento (VYGOTSKY, 2009).

Para facilitar a compreensão do assunto Bruner (1978), destaca que os indivíduos passam por três estágios de processamento ou representação da atividade intelectual – a representação ativa, icônica e simbólica. a) No primeiro estágio predomina-se a relação da experiência e ação, é a fase da construção dos símbolos; b) A representação icônica trata-se de um estágio operacional concreto. O aluno consegue manipular direta e

mentalmente objetos. Através dos símbolos, ocorre a representação das coisas e suas relações; c) E, por último, o aluno estabelece a representação simbólica, onde ele já tem como base as representações formais e consegue pensar a respeito de variáveis e de operações lógicas que podem ser verificadas por experimento, observação e linguagem.

Para Bruner (1969), a passagem das representações ativa e icônica para a simbólica representa um dispositivo complexo do sistema nervoso, porém, corresponde em síntese a tradução de experiências e imagens processadas pelo indivíduo em um modelo de linguagem, onde através da fala, é possível observar o raciocínio, a interiorização e aplicação de termos aplicados de modo correto e apropriado pelos alunos (BRUNER, 1969).

Na visão de Andrade e Caldeira (2009), a representação mental simbólica corresponde à representação conceitual, onde o pensamento formal passa a propiciar ao aprendiz a possibilidade de conseguir externalizar opiniões e conhecimentos sobre a compreensão ou o ensino de algum fenômeno. Elas são representações completas, coerentes e precisas, onde o aluno mentalmente reestrutura seu processo de aquisição de conhecimento do plano mental e dá voz ao seu pensamento e interpretação do mundo expressando-se através de uma linguagem aceita pela comunidade científica.

Moreira (2017) comenta, que as representações conceituais são maneiras concisas de explicar as representações mentais, elas são usadas para dar respostas rotineiras e estáveis ao fluxo de eventos que precisam ser explicados pelo indivíduo e que estão fixados em sua mente.

Por fim Bruner (1978), explica que para uma pessoa ser capaz de reconhecer e dar sentido aplicável de expressão ou não a uma situação e, com isso, ampliar seu conhecimento, deve ter em mente, com clareza, a natureza geral do fenômeno com que está lidando, ou seja, tem que ter na estrutura da mente concretamente as fases ativas e icônicas das formas de representações mentais.

No estudo sobre DNA dentro do ensino de Biologia, Andrade e Caldeira (2009) comentam que as representações são necessárias para que sejam estabelecidos, de fato a compreensão sobre esse campo de estudo. Elas são importantes a medida que possibilita que as aprendizagens dos alunos cheguem ao mais próximo da construção do pensamento científico dos cientistas em um dado momento da história.

Duso (2012), destaca que as representações mentais devem ser utilizadas como recursos de aproximação da realidade, auxiliando o processo explicativo do professor e a

compreensão do aluno, promovendo uma interação entre a representação e a aprendizagem.

Apesar disso, Perrenoud (1999), explica que é difícil para o professor reconstituir todos os processos de raciocínio, compreensão, memorização e aprendizagem do aluno a partir daquilo que ele diz ou faz, porque nem todo o funcionamento se traduz em condutas observáveis e porque a interpretação destas últimas mobiliza uma teoria inacabada da mente, do pensamento, das representações, dos processos de assimilação de equilíbrio e das estruturas cognitivas do aluno.

Para Bruner (1978), a questão de como ensinar e minimizar os erros de aprendizagem, é pensar na aplicação de um currículo em espiral. Este explicita que cada aluno deve ter a oportunidade de ver o mesmo conteúdo, mais de uma vez, em níveis de profundidades diferentes e em diferentes representações para assim atingir o objetivo de compreensão de um conteúdo.

Como possibilidade de entendimento, tem-se as formas e estruturas em determinar as representações ativas, icônicas e simbólicas que fazem parte, segundo Bruner, do domínio de conhecimento de um aluno, o mesmo explana em síntese um exemplo de como o emprego de uma balança pode variar dependendo do estágio de desenvolvimento do aluno: uma criança pode explicar o efeito da balança segundo a relação de funcionamento de uma gangorra em que precisa deslocar-se do centro para a extremidade para move-la. Os mais velhos já conseguem, representar a estrutura de funcionamento da balança para si mesmos por meios de representações gráficas, tais quais veem nos modelos dos livros de física. E finalmente tem aqueles que a balança poderá ser escrita em forma de linguagem corrente, sem auxílio de diagramas, ou ainda matematicamente com bases nas leis de Newton (BRUNER, 1969).

Provavelmente estes últimos tem igualmente nas suas estruturas mentais, os moldes da balança com relação a gangorra e esquemas gráficos dos livros didáticos, porém com uma visão ampliada e abstrata no modo de explicar o fenômeno (BRUNER, 1969).

Zabala (2010), explica que a estrutura cognitiva de uma pessoa está organizada como uma rede de esquemas de conhecimentos, que são representações que ela possui em um dado momento da vida. Para ele estes esquemas são modificados, revisados tornando-se mais complexos e ricos em relações ao longo tempo.

Para Bruner, além da aplicação do reforçamento o desenvolvimento do aluno está atrelado ainda, ao seu meio cultural e social, e deste modo, a educação deve atuar como

mediadora entre essas esferas (aluno, sociedade e cultura), onde o desenvolvimento psicológico ocorre (BARROS, 1998).

Para Bordenave e Pereira (2015), junto às mudanças cognitivas, sociais e culturais acontecem também processos emotivos no aprendizado. Sentimentos de curiosidade, ansiedade, tensão, obstinação, impaciência e alegria entre outras emoções configuram o processo de aprender.

A aprendizagem é um processo qualitativo em que a pessoa fica melhor preparada para as novas aprendizagens e um processo quantitativo de conhecimentos que causa a transformação estrutural da inteligência e mente do indivíduo (BORDENAVE e PEREIRA, 2015).

Uma vez que o aluno capte a relação básica entre o conteúdo nuclear estará bem encaminhado no sentido de ser capaz de manipular o grande número de informações aparentemente novas, porém, de fato altamente relacionadas com aquela. Captar a estrutura da matéria em estudo é compreendê-la, de modo que permita relacionar, de maneira significativa, muitas outras coisas com ela. Aprender estrutura, em suma é aprender como as coisas se relacionam (BRUNER, 1978).

A aprendizagem no final de um processo, tem que criar nos indivíduos habilidades para executarem algo e também para transferirem princípios e atitudes. As pessoas precisam ser capazes de reconhecer a aplicabilidade ou não, de uma ideia a uma situação nova, e com isso, ampliar seu conhecimento (BRUNER, 1978).

2.6. TECNOLOGIA EDUCACIONAL

Falar sobre tecnologia no âmbito escolar é compreender que hoje ela impacta o ensino e a aprendizagem em sala de aula, portanto faz-se necessário discutir a melhor forma de atender o público dos nativos digitais, esclarecer os pontos importantes da formação dos professores quanto as novas tecnologias e apresentar ferramentas como a utilização dos softwares educacionais, como meio de possibilitar a melhoria da prática educativa das escolas (TAJRA, 2012).

2.6.1. Nativos digitais e a educação

A era digital é marcada pela conectividade e acessibilidade a novas formas de comunicação e interação (SILVA, 2014).

O seu avanço tem influenciando continuamente o modo de vida das pessoas, os seus valores, condutas, costumes e formas de se comunicar e atribuir significados às coisas e ao mundo (SILVA, MEDEIROS e SOUZA, 2018).

As tecnologias, permitem maior flexibilidade no tempo, criam novos espaços de aprender e ensinar, incentivam o uso de diferentes formas de representação e de comunicação do pensamento (FILATRO, 2010).

Nas crianças e adolescentes, conhecidos como nativos digitais ou geração Z, assim chamados por terem nascido a partir da década de 1990, isso é facilmente notado. Eles lidam com as informações de modo dinâmico e interativo. Naturalmente estão familiarizados com os dispositivos tecnológicos de comunicação e entretenimento e, se mantém constantemente conectados e integrados às tecnologias (GUERIN, PRIOTTO e MOURA, 2018).

Não raro é possível ver crianças e adolescentes se favorecendo da comunicação e relacionamento social, através de aparelhos móveis, que ao mesmo tempo se configuram como computador de mão, telefone celular, câmera digital, televisores, gravador multimídia, scanner, terminais para vídeos, imagens, trabalhos e pesquisas (CARVALHO, 2016; GUERIN, PRIOTTO e MOURA, 2018).

Nesse contexto, de modo, a entender de que maneira o avanço tecnológico pode contribuir para o processo de ensino e aprendizagem, que pesquisas na área da educação tornam-se necessárias (CARVALHO, 2016).

Aprender com as tecnologias é uma preocupação de importância global na vida humana e na educação, necessitando de uma quebra de paradigmas para atender as expectativas educacionais (CONTE e MARTINI, 2015).

Segundo Campeiz *et al.* (2017), a tecnologia imprime ações norteadoras ao modelo de ensino e estudos que nos tempos de hoje precisam ter as características de serem problematizadores, desafiadores e significativos para os alunos nativos digitais.

Não é mais possível idealizar uma educação estática, pois a realidade está em constante mudança e interligada com as tecnologias digitais da informação e comunicação (TDIC`s), assim o ser humano insere-se cultural e midiaticamente no mundo contemporâneo (CONTE e MARTINI, 2015).

Segundo Coutinho e Lisboa (2011), a educação envolve a reorganização do conhecimento de forma rápida, expressiva e utilizável da tecnologia, ou seja, com a utilização da Internet, as informações são obtidas em grande escala, em um curto espaço

de tempo e os alunos ainda podem manipular facilmente vários dispositivos digitais para ter acesso a essas informações.

Porém, é importante destacar que as novas tecnologias, em muitas escolas, ainda não estão acessíveis pela falta de infraestrutura adequada que atendam a todos os estudantes e professores como: sala de informática com poucos computadores ou computadores defasados, falta de profissionais para manutenção e gestão do espaço, professores com pouca qualificação em manipular recursos midiáticos, poucos investimentos para a inserção de tecnologias em sala de aula, falta de tempo para o desenvolvimento de tarefas voltadas para o uso das tecnologias e cursos de formação voltados para esse fim (DIOGINIS, *et al.*, 2015; FIGUEIREDO, *et al.*, 2015).

Outro fator com necessidade de melhoria, são os Projetos Políticos Pedagógicos (PPP's), que possam ir de encontro com a realidade da escola, porém com a perspectiva em trazer para o planejamento e grade curricular os conteúdos que visem garantir a melhoria do aprendizado e a inserção da tecnologia da ação educativa (FIGUEIREDO, *et al.*, 2015).

Para Netto (2005), porém faz-se importante discutir o impacto da tecnologia da informação. Professores e alunos, na sua essência devem buscar estar vinculados ao contexto social, político e econômico no qual estão inseridos.

Quanto aos professores, estes devem ter conhecimento das possibilidades da formação continuada, e por isso, devem atualizar-se quanto ao uso das novas tecnologias para utilizar essas ferramentas como recurso pedagógico e a seu favor (DIOGINIS *et al.*; 2015).

Para Conte e Martini (2015), nesse aspecto, mais do que ter certezas sobre os conhecimentos, o professor necessita ser inspirado a estar aberto às mudanças tecnológicas e transformações vigentes.

É importante compreender que os alunos vão à escola com um conhecimento sociocultural e de utilização dos meios tecnológicos que, em muito, pode superar a dos educadores, portanto, a formação é um subsídio para o professor se adaptar e buscar ser um profissional preparado a contribuir na construção de saberes que envolvam, a utilização dispositivos móveis, sistemas educacionais e ambientes virtuais (DIOGINIS *et al.*, 2015).

Uma das alternativas são os professores melhorarem sua prática educativa e criarem ambientes de aprendizagem que viabilizem a utilização de pesquisas presencial

ou virtualmente, transformando os conteúdos estudados em algo interessante e de fácil compreensão (FIGUEIREDO, *et al.*, 2015).

Outras possibilidades tecnológicas nas aulas são a utilização de: slides, softwares e sites específicos, vídeos, e uso de ferramentas como Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA), quando disponibilizados (FEITOSA, *et al.*, 2014).

Os professores precisam estar cientes de que tem a responsabilidade de oferecer aos alunos de hoje habilidades das quais precisarão, para terem sucesso no ambiente de trabalho que, que cada vez mais se baseia-se nas informações (NETTO, 2005).

Conte e Martini (2015), afirma assim, que apesar da ação educativa ter dificuldades em readaptar-se às novas condições de trabalho na era das transformações tecnológicas é necessário a abertura para as várias formas de comunicação e incorporação de informações nas escolas, não apenas tentando dominar as tecnologias como simples ferramentas, mas como maneiras de ensaiar novas experiências culturais e permitir uma aprendizagem mais interativa e ao estilo real do que ocorre na sociedade.

2.6.2. Otimização dos computadores e softwares educacionais como recursos para o processo de ensino e aprendizagem

Segundo Tajra (2012), o computador é uma ferramenta que pode ser utilizada com sucesso em ambientes educativos, seja por meio de projetos educacionais, seja por enfoques disciplinares, ou pela utilização restrita da própria informática.

Alart (2012), destaca que em um estudo cognitivo proposto pelo psicólogo Howard Gardner, no início dos anos 80, os computadores podem ser úteis para o explorar as competências de inteligências múltiplas (IM) autônomas do ser humano como: a inteligência linguística, lógico-matemática, espacial, corporal cinestésica, musical, intrapessoal e interpessoal.

Tarja (2012), comenta que esses recursos, quando bem aplicados, estimulam as inteligências múltiplas à medida que auxiliam a escrita e leitura; melhora a resoluções de problemas; desenvolve habilidades pictóricas e interativas entre pessoas e diversos recursos tecnológicos embutidos nos computadores como: rádio, vídeos, filmadoras e TVs.

Alart (2012), coloca que trabalhar com essas inteligências é uma possibilidade de acrescentar reconhecimentos e contribuições à prática educativa, uma vez que saber trabalhar com diversas capacidades, fazem com que os alunos consigam se desenvolver ao máximo e alcancem melhores resultados na aprendizagem.

Dentre as várias possibilidades de estimular a utilização dos computadores em sala de aula, Gomes e Padovani (2005), traz a opção em se trabalhar com os softwares educativos e explicam que eles correspondem a um sistema computacional inventado para promover a aprendizagem de conceitos característicos.

Mercado (2002), comenta que existe muitos softwares que estão disponíveis gratuitamente e que podem ser utilizados como ferramenta educacional.

Segundo Santos, *et al.* (2016), para se implantar um software na escola tem-se que ter critérios como: conhecimento sobre o programa a ser utilizado, planejamento didático, saber como será a utilização da ferramenta em sala de aula ou no laboratório de informática, ter domínio sobre qual conteúdo será feito sua aplicação e especialmente ter ciência do público alvo ao qual será ministrada a aula com a utilização do software.

Segundo Paula, *et al.* (2014), os softwares educacionais cooperam para a consolidação da aprendizagem dependendo do planejamento, dos objetivos, e das estratégias pensadas pelo professor, valendo sempre de utilizá-los com criatividade.

Costa (2017), acrescenta que os softwares interativos têm o intuito de proporcionar ao professor uma ferramenta pronta que possa auxiliar o ensino de uma disciplina não trazendo imagens estáticas como as encontradas nos livros didáticos e sim imagens que exijam participação do aluno a uma atividade ou desafio a ser concluído.

A expansão dos softwares educativos aponta uma preocupação em fazer dessas ferramentas recursos interativos e lúdicos que aprimore a interação entre o ensino e aprendizagem (PAULA, *et al.*, 2014)

A inclusão desses recursos e de outros se apresentam como uma opção eficaz de possibilidade na formação dos alunos. Porém, há ainda um grande caminho a ser explorado sobre as formas de ensino e aprendizagem potencializadas pelo uso dessas ferramentas, de modo, torná-las prazeroso e fácil a abstração dos conteúdos de Biologia (COSTA, 2017).

2.7. AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM

São várias as possibilidades em se discutir o valor e aplicabilidade da avaliação. Ela pode ter enfoque voltado para o aluno, para o professor e para nas instruções das práticas curriculares nacionais ou de cada instituição de ensino. Nesta pesquisa destacam-se: a abordagem da avaliação da aprendizagem do aluno, das funções da avaliação -

diagnóstica, formativa e somativa e o planejamento das estratégias de ensino do professor em sala de aula (LUCKESI, 2011; PERRENOUD, 1999; ZABALA, 2010).

Tratando primeiramente da perspectiva do aluno, a avaliação, tanto no geral, quanto no caso específico da aprendizagem, não possui uma finalidade em si, ela subsidia um curso de ação que visa a construir um resultado específico, que no caso da aprendizagem é garantir a qualidade de desenvolvimento do aluno (LUCKESI, 2011).

Este desenvolvimento não consiste em apenas avaliar sua capacidade cognitiva, mas sim proporcionar a sua formação integral, e efetiva de construção do conhecimento, de modo, fazer constante sua releitura de mundo e possibilidade de intervir sobre ele (VASCONCELLOS, 2007).

Para tanto, Luckesi (2011), afirma que a avaliação, não pode ser mecânica no sentido de favorecer informações isoladas, e sim ser uma atividade com parâmetros claros na busca de conhecimentos e instrumentos adequados ao nível de desenvolvimento do aluno que vise possibilitar a estes, a aquisição de competências para saber atuar e tomar decisões na sua vida e na sociedade.

Dentro do processo avaliativo é importante que o aluno conheça, o que pretende alcançar durante cada etapa do curso ou processo de aprendizado, é importante saber a razão de valer a sua participação, motivação para aprender e avançar rumo a um objetivo de habilidades e competências (NETTO, 2005).

Correspondendo ainda o enfoque dado a aprendizagem do aluno, Vasconcellos (2005), explica que a avaliação tem além da dimensão cognitiva, a dimensão sócio-afetiva (atitudinal). A avaliação cognitiva diz respeito ao conhecimento, as habilidades adquiridas e as operações mentais envolvidas naquilo que é solicitado do aluno no processo de aprendizagem. E por avaliação sócio-afetiva entende-se os aspectos como interesse, responsabilidade, comportamento e disciplina.

Rabelo (2003), diz que o ser humano é uma totalidade afetiva, social, motora-corporal e cognitiva. E que todas essas dimensões devem ter importância na formação e avaliação do discente.

Na perspectiva do professor a avaliação oferece a oportunidade de verificar se seus métodos, procedimentos, discursos e técnicas, possibilitam ao aluno alcançar os objetivos propostos do conteúdo a ser ensinado (SANT`ANNA, 1995).

Para Vasconcellos (2007), a avaliação tem que ser pensada como um processo, que sugere uma reflexão crítica sobre uma determinada prática, no sentido de alcançar

avanços, entender obstáculos e permitir a tomada de decisão sobre o que fazer para superar problemas na prática do ensino.

Ela permite identificar onde o trabalho do professor deixou de dar resultados esperados, e como e onde os estudantes tiveram dificuldades (KRASILCHIK, 2001).

Hoffmann (2001), complementa ainda, que as ações avaliativas, não podem valer-se somente de procedimentos e práticas vividas na formação específica, empírica e indutiva do professor, ela tem que basear-se em constantes reflexões das coletas de dados realizadas antes, durante e após aos atos avaliativos para de fato se conseguir ter uma consistência no ato de avaliar.

Luckesi (2011), vem complementar que o que os alunos aprendem tem que corresponder a formação de suas condutas para viverem e exercerem a cidadania, que no caso da aprendizagem escolar significa a recepção de informações e a capacidade de estudar, pensar, refletir e dirigir as ações com adequação e saber.

Para finalizar, Vasconcellos (2007), diz que o espírito que o professor deve ter diante da avaliação é de promover o crescimento do educando, procurando as melhores condições do seu desenvolvimento

2.7.1. Funções da avaliação – diagnóstica, formativa e somativa

O ato de avaliar, tem que trazer como ponto de partida a singularidade de cada aluno (ZABALA, 2011).

Quando se chega a escola cada indivíduo traz consigo uma bagagem determinada de diferentes relações com as experiências vividas, conforme o ambiente sociocultural e familiar (PERRENOUD, 1999).

Portanto, uma das primeiras fases do processo de ensino consiste em conhecer o que cada aluno sabe, o que sabem fazer, o que podem chegar a saber e como aprendê-lo. A avaliação é um processo em que sua primeira fase se denomina avaliação inicial (ZABALA, 2010).

Luckesi (2011), chama a isso, de avaliação diagnóstica, que corresponde a um instrumento de compreensão do estágio de aprendizagem em que se encontra o aluno, tendo, em vista, as decisões suficientes e necessárias para que o mesmo possa avançar no seu processo de aprendizagem.

Hoffmann (2001), esclarece que as avaliações diagnósticas ou concepções prévias são importantes para aceitá-las não somente como respostas dos alunos, mas reconhecer, explicar e confronta-las com hipóteses científicas, de forma a trabalhar, intensivamente, no sentido de mudanças conceituais.

Passado o momento do conhecimento prévio do aluno, a segunda função da avaliação consiste na avaliação formativa, que em suma, corresponde a ação interventiva do professor e sua contribuição na regulação do domínio das aprendizagens em um curso de estudo (PERRENOUD, 1999).

Segundo Krasilchik (2001), corresponde também a clareza de propósitos das ações do professor de modo a impedir que erros e distorções interfiram na interpretação de resultados e na análise dos objetivos a serem alcançados.

Vasconcellos (2007), coloca que o que fundamenta a avaliação está relacionado a concepção de educação que tem o professor, porém este não se pode esquecer que a sua meta é ensinar o aluno a construir sua autonomia e conhecimento.

Assim Hadji (2001), coloca que as atividades de ensino precisam ser aplicadas compondo-se de informações e ajustes, de modo a sanar dificuldades dos alunos e garantir um resultado satisfatório.

Segundo Vasconcellos (2007), a avaliação deve ser contínua, o que incube avaliar um processo e não somente o produto, ou seja, para que possa cumprir a sua função de auxílio no processo de ensino e aprendizagem, a avaliação, tem que ser construída em um processo, quando o professor acompanha a construção de conhecimento do aluno, verificando os estágios de seu desenvolvimento.

Segundo Perrenoud (1999), ensinar consiste em uma prática corrente de avaliação contínua sob o ângulo de sua contribuição efetiva para a regulação das aprendizagens durante o ano escolar. Informações obtidas com trabalhos práticos, seminários, sondagem e exames indicam ao professor a necessidade permanente de se observar o ritmo de ensino em função do trabalho realizado, o nível dos alunos, sua participação e compreensão diante de um conteúdo trabalhado.

Aqui se inclui um outro ponto interferente no processo de avaliação formativa que é a abordagem do planejamento do professor, quanto ao conteúdo essencial a ser ensinado e as estratégias metodológicas a serem adotadas (ZABALA, 2010).

Nessa perspectiva Vasconcellos (2005), comenta que os registros com bases em planejamentos e intervenções é um importante recurso de análise e um excelente material no processo de reflexão sobre a prática aplicada. Eles podem ser elementos contribuintes para o entendimento das necessidades de cada aluno ou grupo de alunos. O registro permite a organização do pensamento, a recuperação do observado (memória), uma análise mais crítica da realidade (sair de si mesmo e olhar o acontecido), bem como um elo de comunicação (com os colegas, equipe escolar, alunos, pais).

Por último tem-se como análise, a avaliação somativa, esta tem a função de verificar se as aquisições visadas pela formação foram feitas. Faz-se um balanço das aquisições no final da formação, de modo a remeter, ou não, o certificado de efetiva formação do educando (HADJI, 2001).

Segundo Luckesi (2011), os resultados da aprendizagem variam segundo a especificidade e qualidade dos mecanismos e dos instrumentos utilizados para obtê-la. Os professores podem utilizar os resultados apenas como modo de registrá-los no diário de classe, mas convém atentar para as dificuldades de desvio de aprendizagem dos alunos, de modo a trabalhar com eles para que, aprendam e construam efetivamente resultados.

Zabala (2010), coloca que se um aluno aprendeu algo, quando ele é capaz de não somente repetir sua definição, mas sabe quando utilizá-lo em situações concretas para interpretação, compreensão e explicação de um fato.

E no final a avaliação somativa é também o momento de avaliação crítica de um percurso de ação e alternativas de melhorias de um projeto ou planejamento de ensino (LUCKESI, 2011).

2.7.2. *Planejamento de ensino e avaliação*

“O ato de planejar é uma ação intencional pela qual se projetam fins e se estabelecem meios para atingi-los” (LUCKESI, 2011, p.124). Ele constitui o ponto de partida para determinar, justificar e dá sentido à intervenção pedagógica (ZABALA, 2010).

O bom planejamento e o seu resultado deve estar centrado na ação de integrar a rede de representações que os alunos trazem como objeto de conhecimento e buscar modifica-los tornando-os mais complexos e adaptados à realidade (ZABALA, 2010).

Trata-se de transmitir uma cultura acumulada e contribuir para a produção de novos saberes, que não poderão ser considerados de forma estática e acabada, tendo em vista que a ciência é dinâmica e articulada com a realidade de um contexto histórico-social (LOPES, 2016)

Para tanto, ao estruturar um planejamento o professor deve ter em mente os objetivos e o conteúdo que é essencial dentro da sua área de conhecimento. Após definidos esses parâmetros e coletado o diagnóstico que os alunos trazem como bagagem inicial de informações, o professor então precisa se preocupar com a metodologia a ser aplicada (VASCONCELLOS, 2007).

A estratégia de ensino tem que integrar ao máximo os conteúdos que se queiram ensinar para incrementar sua significância. Quanto mais o professor colocar o conteúdo em conformidade com as necessidades dos alunos e estabelecer associações, mais facilmente acompanhará suas ideias e efetivará o aprendizado (ZABALA, 2010; VASCONCELLOS, 2007).

Por isso, a sua metodologia tem que levar a participação ativa do aluno no sentido de os fazê-los problematizar, pesquisar, experimentar, desenhar, construir modelos, fazer exercícios, trabalhar em grupo e outras atividades que possam ser realizadas, de modo, contemplar o estudo de um tema (VASCONCELLOS, 2007).

Levando-se em conta o plano de aula do professor, uma aula planejada detalhadamente e que segue um roteiro preciso, tem que ter espaços para ajustes e remanejamento no meio do trajeto, em função das atitudes e condutas dos alunos, que manifestam o seu interesse, sua compreensão, mas também sua resistência e dificuldades em assimilar conteúdos (PERRENOUD, 1999).

Bruner (1969), esclarece que a exploração de alternativas relacionadas as estratégias de aprendizagem devem estar embasadas em três aspectos importantes: a ativação, a manutenção e a direção.

A ativação corresponde a se ter um nível ótimo de incerteza ao que deve ser aprendido, um dos aspectos a essa ativação é a curiosidade. Ela proporciona a busca das respostas corretas à compreensão de um fato. A manutenção implica em se ter o auxílio do professor no processo de aprendizagem, o explorar falsas alternativas deve ser abrandado pelo um regime de acompanhamento do professor. E, por último o aspecto da direção que se baseia em duas considerações: dar sentido a meta que se deseja alcançar e a verificação de alternativas para atingir tal meta. Ao dar direção a estratégia de aprendizado é importante que os alunos saibam os objetivos do estudo, a posição em que se encontram no processo de assimilação de conceitos e as alternativas de ensino que precisam utilizar para alcançar os resultados em um maior grau de conhecimento (BRUNER, 1969).

Luckesi (2011), coloca ainda como princípio da prática docente a necessidade do professor estar interessado que o educando aprenda e se desenvolva individual e coletivamente, assim os educandos terão oportunidades significativas de elevação do seu patamar cultural, de desenvolvimento das suas capacidades cognitivas, habilidades, formações de convicções, hábitos e seu modo de viver.

Por fim, volta-se a relação do planejamento com a avaliação, uma parte inseparável da atuação do docente, já que o que acontece nas aulas, a própria intervenção pedagógica nunca pode ser entendida sem uma análise que leve em conta as intenções, as previsões, as expectativas e resultados (ZABALA, 2010).

A avaliação aqui não cabe somente a avaliação aluno e sim as críticas sobre as estratégias adotadas do planejamento de ensino. Torna-se pertinente falar que a avaliação tem que ser um olhar crítico sobre o que se está sendo feito e como possibilidade de olhar sobre os modos de como melhorar a construção do projeto no qual se está trabalhando. Solucionar impasses, encontrar caminhos, determinar um novo percurso e uma nova construção (LUCKESI, 2011).

3. METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada em uma escola central de Cuiabá, Mato Grosso/MT.

Foram utilizadas para a pesquisa um total de treze aulas aplicadas no período de 15/05 a 25/06 do ano de 2018, fato que correspondeu as aulas do 2º Bimestre do ano letivo do mesmo ano.

Os participantes da pesquisa foram no total vinte e sete alunos da 1ª série do Ensino Médio de uma das cinco turmas da série referida, período matutino, sendo que a escolha para a aplicação das atividades se deu em função da quantidade de alunos, com vista a uma melhor otimização do uso dos notebooks, visto que nessa sala o número de alunos era inferior as outras, que contavam com aproximadamente quarenta alunos.

As técnicas de pesquisa como: planejamento, execução, amostragens, elaboração, e interpretação de dados foram apresentadas segundo Alves (2007), Vieira (2008) e Marconi e Lakatos (2012).

Para a amostragem das avaliações diagnóstica e somativa, a fim de verificar o desempenho nas notas dos alunos, foi realizada uma análise de variância (ANOVA), a um nível de significância de 1% nas medições.

A ANOVA é um modelo estatístico para comparar tratamentos, neste caso notas. Nela a estatística F é uma medida que fornece evidência contra a hipótese inicial (H_0) de que as médias dos tratamentos (notas) são iguais, para que o pesquisador possa inferir o nível de significância apropriado. Para o valor de $F_{\text{calculado}} > F_{\text{tabelado}}$ o resultado implica na rejeição da H_0 . hipótese inicial, e aponta a existência de diferença significativa entre as médias das notas abordadas no tratamento (COSTA, 1998).

O levantamento de registros para o recolhimento de informações prévias sobre o campo de interesse foram pesquisas bibliográficas do tipo publicações de livros, teses, dissertações e artigos., e os documentais foram os vídeos.

A linha de pesquisa metodológica quanto a característica e ao tipo foi pré-exploratória e aplicada, com descrições qualitativas e quantitativas, a fim de abordar o estudo das estruturas e mecanismo de atuação de elementos presentes no núcleo celular, para posterior aprofundamento e análise de resultados.

O delineamento seguiu um caráter da pesquisa participante, quando se desenvolve a partir da interação entre pesquisadores e membros das situações investigadas, neste caso professor e aluno e o ordenamento dos instrumentos de pesquisa foram a utilização de: aulas expositivas, vídeos, software educacional, modelos mentais, estudo de caso, atividades avaliativas, pesquisas, análise e interpretação de dados e divulgação dos resultados (ALVES, 2007).

A coleta de dados dos testes seguiu um perfil semiestruturado com questões objetivas e discursivas de modo a privilegiar a absorção de conceitos, modelos mentais e relações de aplicabilidade dos temas abordados. Foram utilizadas avaliações -diagnóstica, formativa e somativa, questionários, medidas de opinião e coleta documental.

Para categorizar as informações adquiridas os dados foram classificados e agrupados por categorias, tabelas, figuras e gráficos para facilitar a análise e interpretação dos dados.

3.1. ORGANIZAÇÃO PARA A APLICAÇÃO DAS AULAS E PRODUTO EDUCACIONAL

Para o desenvolvimento da dissertação e aplicação das atividades na escola, primeiramente a professora apresentou o projeto à coordenação responsável pela gestão escolar e ao professor que fora atribuído para ministrar as aulas de Biologia às turmas do 1º ano do Ensino Médio.

Ficou acordado que o projeto seria aplicado no 2º Bimestre do ano letivo, uma vez que o conteúdo deste contemplava o mesmo assunto do livro didático e do planejamento anual da disciplina.

Como seriam necessários o uso dos computadores da escola, um mês antes do início do projeto, a professora, entrou em contato com o técnico do laboratório de

informática para que fossem instalados nos notebooks o software educacional intitulado “A imensidão de uma célula – DNA, RNA, síntese proteica e mutação gênica”.

Nesse período os outros materiais também foram organizados para a aplicação das atividades como: o Termo de Consentimento e Livre Esclarecimento - TCLE (Apêndice 1), avaliação diagnóstica (Apêndice 2), roteiro de aula prática sobre extração do DNA da banana (Apêndice 3), avaliação somativa (Apêndice 4), modelo esquemático das etapas do processo de replicação do DNA, transcrição do RNA e a síntese proteica (Apêndice 5), avaliação formativa aplicadas em sala (Apêndice 6), atividade de estudo de caso (Apêndice 7), pesquisa sobre mutação gênica e doenças (Apêndice 8), médias das notas nas avaliações diagnóstica e somativa (Apêndice 9), Kit para a montagem dos processos de replicação, transcrição e síntese proteica (Apêndice 10), perguntas de opinião sobre o projeto (Apêndice 11), tabela do código genético (Apêndice 12) e avaliação do software educacional (Anexo 1).

Para averiguar a validade dos instrumentos de pesquisa como o produto educacional, a avaliação diagnóstica e a avaliação somativa foi realizada uma apresentação destes itens aos alunos do 8º semestre da disciplina de Instrumentação do curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Mato grosso - UFMT, sob a supervisão da docente responsável. As análises e as avaliações sugeridas pelos participantes avaliadores foram tabuladas e as adequações aos instrumentos de pesquisa foram realizadas, a fim de, garantir resultados com maior fidedignidade (com obtenção dos mesmos resultados sempre que aplicados), operatividade (vocabulários adequados) e validade (dados recolhidos necessários a pesquisa).

3.2. PLANO DE AULA PARA APLICAÇÃO DO PROJETO

Para a aplicação das atividades ficou decidido que professora responsável pelo projeto trabalharia com os educandos duas aulas semanais, num total, treze aulas. E a mesma faria o fechamento das notas, tendo como término de suas atividades a participação no conselho de classe do referido bimestre.

Os pontos trabalhados nesse período pela escola se comporiam de 10 pontos, distribuídos entre apresentação do Projeto da 10ª Feira do Conhecimento intitulada “Ciências para o mundo”, que para o bimestre teria o valor de (5,0 pontos), e a somatória dos Pontos Produtivos de sala, onde o professor através de atividades avaliativas e somatórias obtém no final do bimestre a nota de (5,0 pontos). Então a nota final seria a

distribuição dos pontos avaliativos da Feira do Conhecimento mais Pontos Produtivos totalizando (5,0 + 5,0 = 10,0 pontos). A média adotada pela escola é de 6,0 pontos.

Na pesquisa a nota de sala dos alunos foi organizada pela somatória das atividades como tarefa (0,5 ponto), exercícios avaliativos (1,5 pontos), montagem do modelo representacional dos processos de replicação, transcrição, síntese proteica, mutação gênica (1,5 pontos) e pesquisa sobre mutação gênica (1,5 pontos).

As notas das avaliações diagnóstica e formativa no valor de (10,0 pontos), foram utilizadas apenas como avaliação do planejamento e da prática metodológica aplicada na pesquisa.

Para as aulas expositivas o livro didático adotado foi, “Biologia Moderna” dos autores Amabis & Martho (Biologia moderna. 1ª ed. v.1, São Paulo: Moderna, 2016), e os conteúdos programáticos para o período foram: núcleo celular, mitose, e síntese proteica.

Para melhor compreensão dos procedimentos e aplicação das aulas desenvolvidas a metodologia está discriminada na sequência didática abaixo.

1ª Aula: No início do 2º Bimestre como combinado a professora regente assumiu as aulas na turma. Para a primeira aula a organização ficou distribuída da seguinte maneira: explicação do projeto, sensibilização dos alunos quanto a organização das aulas e notas e apresentação de um vídeo sobre DNA - molécula da vida (vídeo presente na primeira aula do software educacional, no campo, objetivos de aprendizagem para este tópico) (Figura 8).



Figura 8. Apresentação do vídeo no produto educacional.
Fonte: Autoras, 2018

Ao final a professora contextualizou o vídeo e fez em sala a discussão sobre a importância da célula como unidade fundamental da vida abordando principalmente o conteúdo nuclear que corresponde ao centro de controle celular.

2ª Aula: Os estudantes responderam às perguntas da avaliação diagnóstica (Apêndice 2), que se compunha de três partes: A primeira parte com perguntas referentes ao uso de ferramentas tecnológicas como recurso de ensino e aprendizagem. A segunda parte com atividades sobre conhecimentos prévios para a abordagem do conteúdo de replicação do DNA, síntese de RNA (transcrição), síntese de proteínas (tradução) e mutação gênica. E por último, na terceira parte, sobre atividades que abordaram assuntos contemplados nas aulas e no produto educacional.

Nessa aula os alunos também realizaram o experimento prático de extração do DNA da banana (Apêndice 3) e fizeram a contextualização sobre a importância de se estudar a molécula de ácido nucleico – DNA.

3ª Aula: Os estudantes tiveram uma aula com o uso do Data Show sobre a compartimentalização da célula (membrana plasmática, citoplasma e núcleo), a composição química do nucleotídeo (grupo fosfato, açúcar desoxirribose e bases nitrogenadas), ligação das fitas duplas de DNA por pontes de hidrogênio, a ação das enzimas polimerase e helicase e o sentido de replicação do DNA ($5' \rightarrow 3'$).

Para o início de construção do modelo mental que facilitasse a compreensão dos estudantes acerca do conteúdo trabalhado, estes assistiram a um vídeo do processo de replicação, transcrição e síntese proteica (vídeo presente também no produto educacional – no campo “Objetivos de aprendizagem para este tópico” da segunda, terceira e quarta aula), porém foi dado ênfase no processo de replicação do DNA.

Como tarefa para casa foi pedido que eles desenhassem no caderno o processo destas etapas apresentados no vídeo. Este foi enviado via mídia no WhatsApp para o grupo da sala. O valor da atividade foi de 0,5 ponto.

4ª Aula: Esta foi a aula sobre de utilização do software educacional. Primeiramente os alunos foram encaminhados para a sala de informática e divididos em duplas para poderem manusear os notebooks.

Em seguida eles receberam o login e a senha para acessar o programa. De modo a seguir o planejamento de aula foi dada a explicação sobre a estrutura de organização do produto educacional (Figura 9)



Figura 9. Interface de abertura do software - A imensidão de uma célula.

Fonte: Autoras, 2018

Este também foi o momento para os estudantes sanarem as dúvidas de como manusear a ferramenta e se familiarizar com os componentes apresentados no programa.

Para uma melhor assimilação toda essa aula foi direcionada para a retirada de dúvidas e sistematização da metodologia de trabalho para as aulas posteriores.

No final da aula foi realizada a correção da tarefa de casa, sobre o desenho do processo de replicação, transcrição e síntese proteica.

5ª Aula: Os estudantes foram encaminhados para sala de informática e em duplas orientados a abrirem o programa no campo referente aos objetivos da primeira e segunda aula, cujo os assuntos eram – Composição e estrutura do DNA (primeira aula) e Replicação semiconservativa do DNA (segunda aula) (Figura 10)



Figura 10. Composição das partes do software – Aula e atividades

Fonte: Autoras, 2018

Foi estipulado um momento para todos visualizarem as aulas e fazerem perguntas sobre o assunto. Em seguida, os mesmos, foram orientados a começarem a resolver os exercícios dessas unidades.

Como estavam em duplas os estudantes conversavam entre eles sobre a solução das atividades, pediam auxílio as outras duplas e a professora regente da turma.

Alguns alunos ainda tiraram dúvida sobre o funcionamento do produto educacional

6ª Aula: Os estudantes em sala fizeram atividades no caderno sobre as aulas referentes a – Composição e estrutura do DNA e replicação semiconservativa do DNA. Tiveram a oportunidade de sentarem em duplas, e tirar dúvidas sobre o sentido ($5' \rightarrow 3'$) da fita de DNA, das ligações presentes no nucleotídeo (grupo fosfato, açúcar desoxirribose e as bases nitrogenadas e da hidroxila), sobre a importância das enzimas DNA polimerase e helicase, da ponte de hidrogênio, estruturas que participam da abertura e formação da fita molde de DNA.

Os alunos assistiram novamente ao vídeo sobre o processo de replicação, transcrição e tradução.

7ª Aula: Os estudantes foram encaminhados para sala de informática e em duplas orientados a abrirem o programa no campo referente aos objetivos da terceira e quarta aula, cujo os assuntos eram – Transcrição do RNA, Código Genético e Tradução.

Esta aula teve que ser bastante explicativa. Além do produto educacional foi utilizado o recurso de aula em Data Show para poder explicar além da diferença do DNA e RNA a composição da tabela do Código Genético.

Foram detalhados assuntos como: transcrição e tradução do RNA, com a saída do RNA do núcleo para o citoplasma e início do processo de tradução. Foi retomado o estudo do aminoácido como importante nutriente para a formação de proteínas, explicação sobre os códons para a formação dos aminoácidos e dos códons de início (Met - AUG) e parada (UAG, UAA e UGA) da síntese proteica, bem como a análise destas estruturas representadas no produto educacional.

8ª Aula: Os estudantes na sala de informática e em duplas foram orientados a abrirem o programa no campo referente aos exercícios da terceira e quarta aula e quinta aula, cujo os assuntos eram – Transcrição do RNA, código genético e tradução.

Para realizarem as atividades eles receberam a impressão da tabela do Código Genético (Apêndice 12), além de resolverem os exercícios, eles puderam juntamente com os colegas tirarem dúvidas e auxiliarem outras duplas.

Nesta aula também eles assistiram novamente ao vídeo referente ao processo de síntese proteica, observaram as aulas no produto educacional e no livro didático e por últimos resolveram alguns exercícios da unidade referente ao produto educacional.

9ª Aula: Os alunos em sala foram orientados a sentarem em duplas e a realizarem uma atividade avaliativa (Apêndice 6). Para tanto eles podiam fazer consultas no livro didático e nas anotações do caderno. O valor a atividade foi de 1,5.

No final desta aula eles receberam um kit de imagens dos processos de replicação, transcrição e síntese proteica (Apêndice 10), para levarem para casa como forma de trabalhar o processo de construção do modelo mental. O valor da atividade foi de 1,5.

10ª Aula: Os alunos entregaram os trabalhos referentes a aula anterior, que correspondia a montagem de um kit de imagens sobre a montagem dos processos de replicação, transcrição e síntese proteica. Nessa aula a professora também entregou corrigida as atividades que os alunos haviam feito em dupla na última aula. As atividades contemplavam os assuntos sobre DNA e RNA e síntese de proteínas. Para que fosse realizada a revisão de conceitos dos assuntos trabalhados e correção das falhas cometidas a execução dos exercícios, a professora realizou no quadro a correção das atividades.

11ª Aula: Os estudantes na sala de informática, em duplas, foram orientados a abrirem o programa no campo referente a sexta aula, cujo o assunto era – Mutação Genica. Eles leram sobre o tema juntamente com a professora, e esta, tentava sanar as dúvidas das perguntas a medida que eram abordadas.

Eles receberam a tabela do Código Genético e coletivamente realizaram os exercícios desta unidade.

12ª Aula: Foi realizada uma leitura e discussão sobre o estudo de caso sobre a incidência de anemia falciforme (Apêndice 7).

Foi acordado de ser realizada pesquisa sobre mutação gênica. No valor de 1,5 (Apêndice 8).

Em seguida os alunos fizeram a avaliação do produto educacional (Anexo 1).

13ª Aula: Foi realizado a avaliação somativa para a averiguação da metodologia utilizada (Apêndice 4), o modelo esquemático dos processos de replicação, transcrição e síntese proteica (Apêndice 5) e as perguntas de opinião sobre o projeto (Apêndice 11).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. PERFIL DAS PROFESSORAS DA DISCIPLINA DE BIOLOGIA E CARACTERIZAÇÃO DO USO DE FERRAMENTAS TECNOLÓGICAS

Quanto a caracterização do quadro escolar, o corpo docente da disciplina de Biologia, período matutino, era composto por três professoras que ministravam aulas para as turmas do 1º, 2º e 3º ano. A média de idade entre elas foi de 39,6 anos.

O tempo de formação acadêmica constituiu aproximadamente 12,67 anos, praticamente, o mesmo período de atuação profissional na rede pública de ensino, o que reflete uma experiência e possível maturidade na ação das suas práticas educativas.

As três profissionais disseram ainda estar trabalhando somente na unidade escolar, fato importante, pois muitos profissionais acabam por ter que dividir o tempo e o trabalho em outras escolas, o que dificulta a qualidade e o rendimento do trabalho, bem como a qualidade de vida.

Para uma melhor caracterização de como a escola otimiza os recursos tecnológicos e como eles influenciam na vida escolar do aluno, as participantes responderam a um questionário com perguntas referentes ao assunto, as quais podem ser visualizadas na (Tabelas 1). A fim, de manter a identidade, as participantes foram identificadas como P1, P2 e P3.

Tabela 1. Quais recursos tecnológicos são comumente utilizados na aula?

	P1	P2	P3
a) Uso de data show	x	x	x
b) Utilização dos computadores do laboratório de informática da escola	x	x	x
c) Lousa Digital	-	-	-
d) Pesquisa com uso de celulares	-	x	x
e) Outros. Quais?	-	Notebook	-

Fonte: Autoras, 2018

A escola representada na pesquisa conta com a instalação de data show em todas as salas, o que facilita a utilização por parte de todos os professores, fato observável nas respostas dadas.

Para a utilização do laboratório de informática, dois técnicos intercalam seus horários para atender a demanda das aulas. Cabe aos professores planejarem e agendarem os horários para realizarem as pesquisas ou outras atividades pedagógicas.

Apesar da escola contar com duas lousas digitais, ambas não são utilizadas pelas professoras e demais professores do quadro escolar. A falta de treinamento em como utilizar esse recurso, pode ser um fator explicativo para essa situação.

Figueiredo, *et al.* (2015), coloca que os recursos mais utilizados na escola são: internet, e-mail, editor de texto, software de apresentação, redes sociais, projetores multimídias, e praticamente nunca lousa digital e ambientes virtuais de aprendizagem.

Sobre o uso de celulares como ferramenta tecnológica e suporte de planejamento estratégico das aulas, duas das professoras disseram que utilizam a ferramenta em sala de aula, principalmente como meio de pesquisa, o que demonstra abertura e possibilidades dos recursos móveis atenderem a aprendizagem, apesar do celular ainda ser fator de discussão sobre a interferência das aulas em sala.

Feitosa, *et al.* (2014) comenta que muito da resistência dos professores quanto a utilização dos celulares nas aulas, refere-se à utilização de forma errada, deste recurso, pelos alunos, que ao invés de acessarem páginas de pesquisa que acrescentem informações ao conteúdo estudado, o usa para entrar nas redes sociais de comunicação e, assim se distraírem em sala.

Sobre os outros recursos multimídias utilizados, uma das professoras (P2) mencionou a utilização do notebook. Na escola todos os professores têm acesso a notebooks, onde podem preparar as aulas, lançar observações no diário, utilizar em sala de aula acoplando a ferramenta ao data show ou solicitando quando necessário para fazer pesquisas e trabalhos em sala de aula. Os notebooks ficam em um armário da coordenação, todos identificados e disponíveis para o acesso do professor, mediante assinatura da ficha de solicitação para o uso.

Segundo Tajra (2012) um dos paradigmas educacionais emergentes, são as instrumentações eletrônicas. É uma questão de necessidade na sociedade que os indivíduos saibam operar novas tecnologias da informação.

É fundamentalmente importante a formação dos professores, a fim de, adquirirem as competências necessárias para atuação no seu ambiente de trabalho, uma vez que a tecnologia pode servir como instrumento mediador do processo ensino e aprendizagem (MERCADO, 2002).

E sobre o uso de aplicativos como ferramenta educacional a utilização de recurso como You tube, apresentador de slides, vídeo aula e documentários foram os mais citados. A utilização desses recursos não demonstra propriamente que as professoras utilizam aplicativos e programas educacionais específicos.

Alguns indicadores dessa problemática podem ser citados, como: a falta de softwares adequados, capacitação de professores em trabalhar com ferramentas tecnológicas e profissionais especializados na área de produção de softwares educacionais (SANTOS, 2016; MERCADO, 2002).

Santos (2016), comenta ser necessária uma reflexão sobre o ensino e aprendizagens com recursos tecnológicos. Os softwares educacionais acabam não sendo utilizados, por não darem suporte adequado a concepção do conhecimento que tem que ser trabalhado pelo professor.

É necessário que a engenharia de software contemple as reais necessidades do desenvolvimento dos produtos educacionais, tem-se que considerar os resultados das pesquisas sobre o ensino e a aprendizagem, sobre a disciplina, a didática e sobre os conteúdos vinculados pela tecnologia (SANTOS, 2016).

Com relação aos professores, Mercado (2002) destaca que é necessário planejar a integração gradual da tecnologia na cultura da escola. É preciso haver a capacitação intensiva de professores nessa área, de modo, a acompanhar a evolução tecnológica usada por outros veículos da sociedade.

A formação de professores em novas tecnologias tem que permitir que cada professor perceba em sua própria realidade de interesses a expectativa de que as tecnologias podem ser úteis a ele. O uso efetivo por parte dos alunos sobre uma ferramenta educacional, passa primeiro pela assimilação das tecnologias pelo profissional da educação (MERCADO, 2002).

Apesar de não utilizarem programas específicos da área de Biologia, as professoras fazem uso de alternativas tecnológicas em suas aulas e reconhecem a importância em se beneficiarem desses recursos. Abaixo está a pergunta e as respostas dadas sobre o questionamento.

Qual a sua opinião sobre o uso de aplicativos como ferramenta educacional para a aprendizagem dos alunos?

P1- “É muito importante, pois torna o aluno participativo e interativo com professor”.

P2- “A tecnologia é indispensável na formação do cidadão em um mundo globalizado. Essas ferramentas auxiliam e facilitam a aquisição e fixação de novos conhecimentos e provocam mudanças nos métodos de ensino”.

P3 – “Estimular a leitura de conteúdos como livros, textos e outros materiais através de dispositivos móveis, pode ser uma excelente oportunidade de ensino”.

O professor, na nova sociedade já consegue rever de modo crítico seu papel de parceiro e orientador da educação. O ambiente de aprendizagem tem que propiciar o trabalho coletivo, e otimizar a tecnologia, de modo, a favorecer a organização e redefinição de objetivos, flexibilização dos conteúdos, a interação entre alunos e alunos-professor (MERCADO, 2002).

Perguntas também sobre quais metodologias são aplicadas em sala sobre temas como composição e estruturas dos ácidos nucleicos, duplicação do DNA, transcrição de RNA, síntese proteica e mutação gênica, que compõe o estudo desta pesquisa também foram realizadas. As respostas estão discriminadas abaixo:

P1- “Recursos áudio visuais e laboratório para a extração do DNA”.

P2 - “Leitura, análise e debate de textos, atividades teórico-práticas, aulas expositivas, demonstrativas e práticas, seminários, trabalhos individuais e em grupos e elaboração de projetos”.

P3- “Vídeo aulas, explicações com esquematização no quadro e exercício”.

Sobre o assunto, além da abordagem do uso da tecnologia, é considerável notar que a aprendizagem se dá pelo uso de diversas possibilidades de abordagens metodológicas e o professor saber aplicá-la e sentir-se confortável nesse papel representa um ganho na qualidade do ensino.

Para Bordenave e Pereira (2015), o ato de conhecer o aluno, incentivar a ativa participação nas tarefas escolares, desenvolver a habilidade e a atitude de pesquisa, é uma das características importantes do professor, pois ter uma visão integral dos problemas que afetam o ensino em sua área de atuação, a capacidade em compreenderem o processo de aprendizagem dos alunos e fazerem a escolha adequada das atividades de ensino é uma etapa importante para a obtenção de resultados esperados.

4.2. ANÁLISE DOS ALUNOS REFERENTE AO USO DE FERRAMENTAS TECNOLÓGICAS COMO RECURSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM

A maioria dos estudantes mencionou que utilizam notebook (41%) e celulares (41%) para realizar os trabalhos escolares (Gráfico 1).

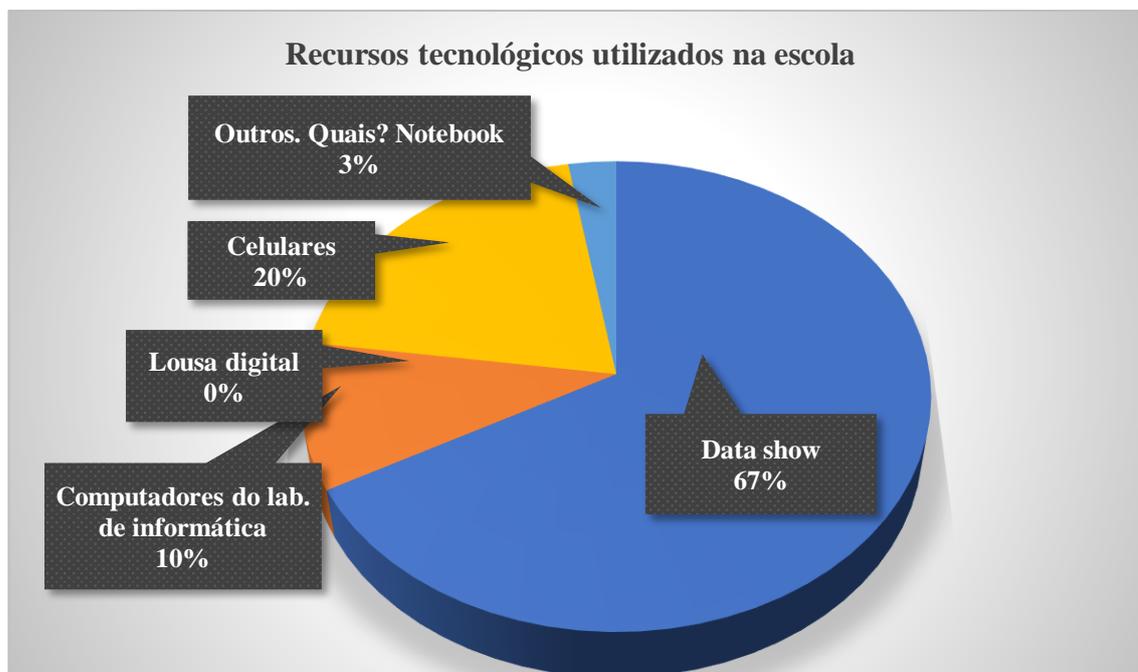


Gráfico 1. Ferramentas educacionais utilizadas pelos alunos
Fonte: Autoras, 2018

Segundo dados divulgados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2016, através da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio Contínua (PNAD) em suplemento com a Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC), entre faixa etária de 10 anos ou mais, (74,7%) da população da região Centro-Oeste, utilizam a Internet sendo o telefone móvel celular o mais utilizado para esse fim, seguido do microprocessador com (55,8%) e tablet (17,5%) (BRASIL, 2018).

A utilização dos recursos tecnológicos na escola, os dados mostram que realmente os professores utilizam o data show em suas aulas, porém a utilização do laboratório de informática conta com apenas 15% da mensuração dos alunos e o uso de celulares apesar de amplamente difundidos conta com apenas 30% de otimização, indicando que o espaço do laboratório de informática e as ferramentas que a escola/alunos dispõem podem ser melhor aproveitados (Gráfico 2).

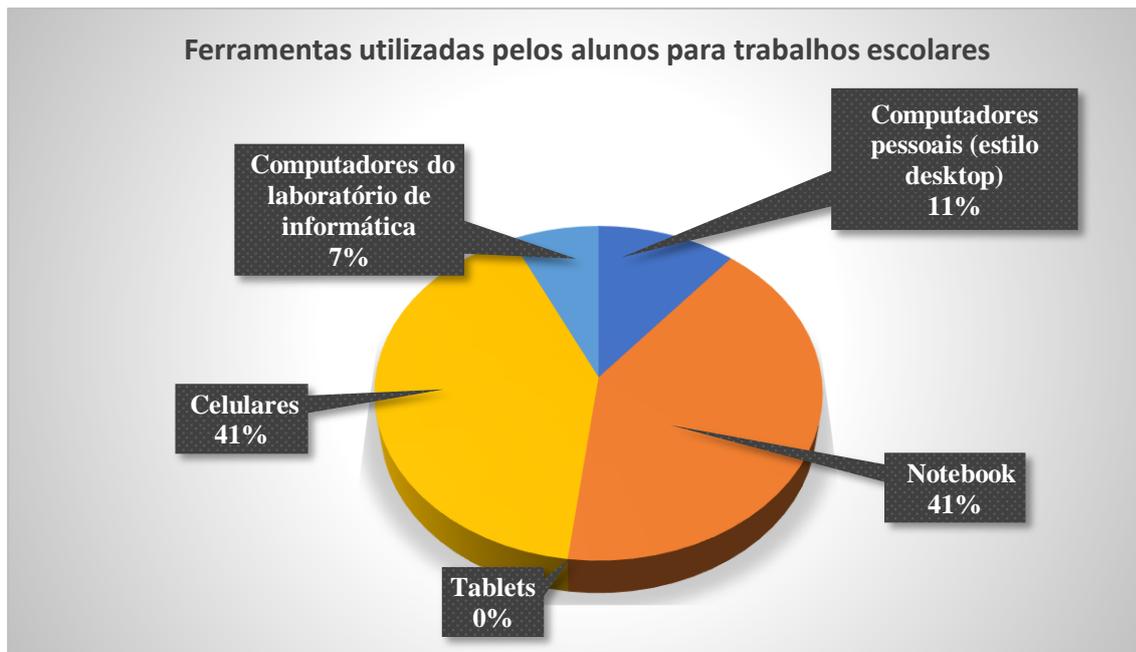


Gráfico 2. Recursos tecnológicos utilizados na escola
Fonte: Autoras, 2018

O uso de recursos tecnológicos requer um planejamento de como inserir de maneira adequada as tecnologias de informação, de modo, a facilitar o procedimento didático e melhorias nos indicadores de desempenho do sistema educacional (PEREIRA e FREITAS, 2009)

Quanto aos professores utilizarem softwares da área de ensino e/ou simuladores como ferramenta educacional no processo de ensino e aprendizagens, 63% dos alunos disseram que os professores da disciplina de Física e Biologia utilizaram. Os programas citados foram *Planetarium Estelarium* sobre o assunto de astronomia e programas sobre o assunto *Célula*.

4.3. ANÁLISE ESTATÍSTICA

A realização da análise estatística (ANOVA), demonstrou diferenças entre as médias dos tratamentos (notas) nas avaliações diagnóstica e somativa, a 1% de significância, sendo o resultado de $F_{\text{calculado}} = 17,85 > F_{\text{tabelado}} = 7,20$.

Assim, rejeitando-se a hipótese inicial de que as médias das notas são iguais pode-se sugerir que houve um avanço nas avaliações somativas dos alunos e que aplicação do produto educacional, juntamente com as atividades conceituais e de representação mental contribuíram para aprendizagem dos temas abordados no estudo.

As avaliações diagnósticas e somativas, usadas para analisar o resultado de aplicação do plano de ensino adotado na pesquisa, contaram com o total de dez questões

iguais nas duas avaliações distribuídas entre perguntas abertas e fechadas. Para melhor apreciação elas foram divididas em duas partes: atividades que contemplavam conhecimentos prévios sobre composição estrutural e química das células e DNA e atividades que abordaram os assuntos sobre replicação, transcrição síntese proteica e mutação gênica.

A atribuição de pontos de cada questão foi no valor de 1,0, com os critérios baseados em: interpretação, análise, síntese e consistência de argumentação das questões.

Os resultados das notas trazem nas duas avaliações, diagnóstica e somativa, os respectivos indicadores de dados: notas mínimas de (0 e 2) pontos, notas máximas (6,1 e 9,7) pontos, as médias de (2,74 e 7,64), a moda de (3 e 8,7) e a mediana de respectivamente (3 e 8,2) (Gráfico 3).

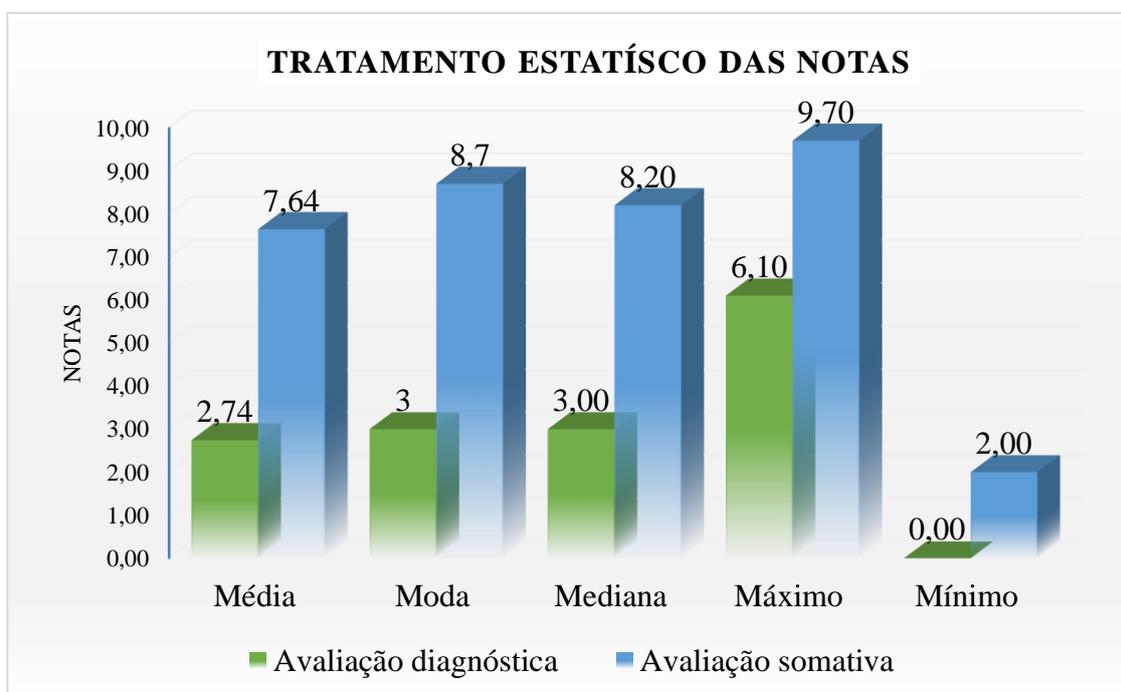


Gráfico 3. Tratamento estatístico das notas

Fonte: Autoras, 2018

Com relação a nota mínima na primeira avaliação, a diagnóstica, foram dois alunos que tiraram nota (zero), o aluno A 16 e o aluno A 23. Na avaliação somativa dos mesmos alunos, as notas foram 5,2 e 7,5.

O resultado demonstra que ambos participaram das aulas e conseguiram assimilar o conteúdo, apesar do aluno A 16 não ter atingido a média geral de 6,0 adotado pela escola.

Outro caso de que mereceu observação foi o do aluno A14 que teve em ambas as provas as notas 2,4 e 2,0 rendimentos aquém do esperado. Uma das justificativas para esse fato pode estar relacionado a quantidade de aulas que o mesmo frequentou, e também a relação entre os assuntos tratados que seguiu continuamente a compreensão de uma rede intrínseca de eventos. O aluno para compreender o processo de síntese proteica e mutação gênica, precisaria anteriormente ter assimilado os assuntos sobre DNA, RNA e gene, pois os mesmos estão relacionados e são de difícil compreensão pela quantidade de detalhes que exigem o seu entendimento.

De um total de 13 aulas o aluno A14 esteve presente em 5 delas, e por mais que as atividades fossem realizadas em duplas, as avaliações demonstraram que ele não obteve sucesso na atividade somativa. Quando questionado sobre as faltas o mesmo comentou que esteve doente e que tinha se machucado nesse período.

Rabelo (2003), diz que o ser humano é uma totalidade afetiva, social, motora-corporal e cognitiva. E que todas essas dimensões devem ter importância na formação do discente. Portanto, uma avaliação precisa considerar essa totalidade e não apenas o aspecto cognitivo, como muitas vezes acontece nos processos pedagógicos do universo escolar.

As avaliações diagnósticas e somativas não compuseram as notas de sala dos alunos e sim foram utilizadas para a pesquisa, assim a nota não teve a influência direta na média do aluno no referido bimestre, onde foram analisadas as outras atividades realizadas por ele.

Por outro lado, é necessário dar ênfase às notas dos alunos que obtiveram um desempenho satisfatório ao considerar as notas da avaliação diagnóstica e em consequência as notas da avaliação somativa como é o caso dos alunos A 15 (1,8 – 8,2), A 10 (2,5 – 9,5) e A 9 (3,4 – 9,7) (Apendice 9).

Segundo Zabala (2010), a aprendizagem pode ser concebida como um processo de comparação, de revisão e de construção de esquemas de conhecimento sobre os conteúdos escolares. Estes alunos, bem como outros, demonstraram ter assimilado bem o processo de construção do conteúdo abordado.

Com relação a frequência de alunos distribuídos em um intervalo de classe a avaliação diagnóstica mostra que a maior quantidade de alunos, um total de 12, obtiveram notas menores e iguais a 3,66, sendo que apenas 1 aluno obteve a média geral adotada pela escola (Gráfico 4).

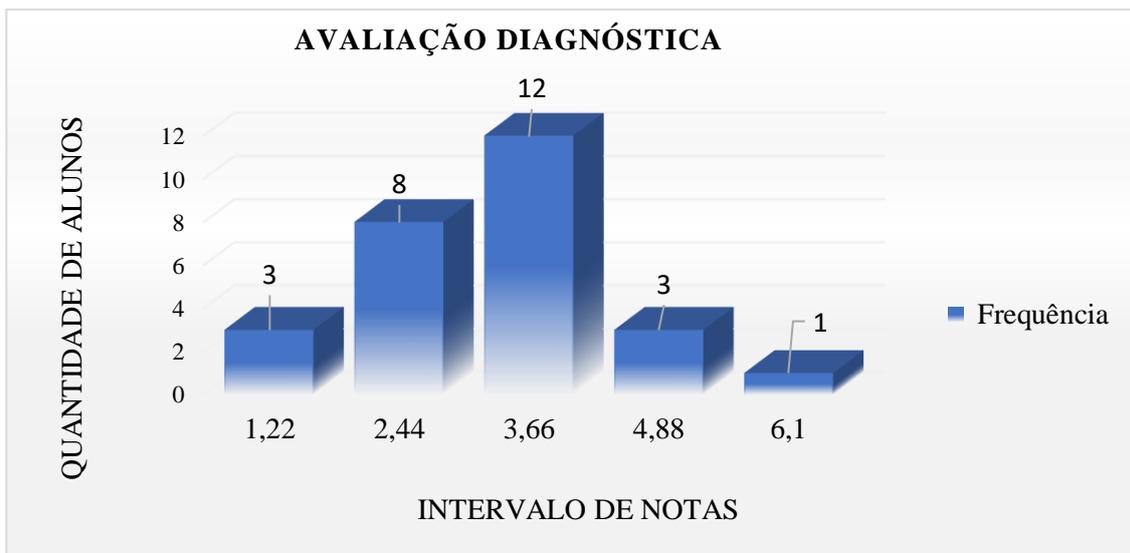


Gráfico 4. Frequências das notas na avaliação diagnóstica
Fonte: Autoras, 2018

Na avaliação somativa ativa o intervalo entre as classes de notas mostrou que as frequências ficaram entre as pontuações de 8,1 e 9,7. E somente um aluno não atingiu a média escolar 6,0 como observado no (Gráfico 5).

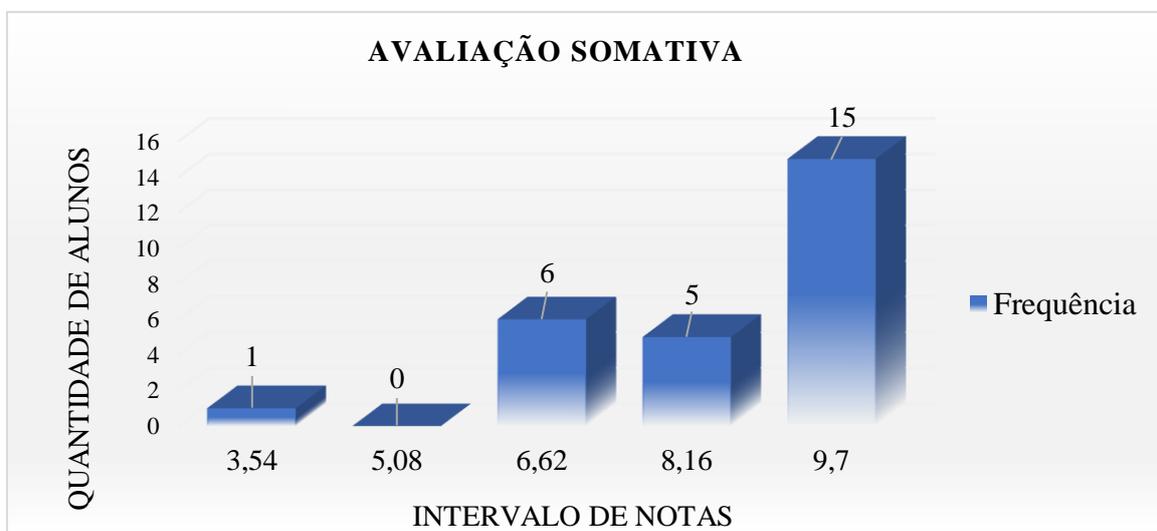


Gráfico 5. Frequência das notas na avaliação somativa
Fonte: Autoras, 2018

4.4. AULA PRÁTICA – EXTRAÇÃO DO DNA DA BANANA

A técnica de extração do DNA da banana é simples e permite separar o constituinte nuclear do restante da célula. O procedimento também pode ser bem-sucedido com a utilização de morangos e cebolas (CRUZ, 2012).

O objetivo de começar o estudo de um novo assunto por uma aula prática, foi tornar o ensinamento mais próximo da realidade dos alunos e os fazerem estabelecer relações com o conceito, abrangência de estudo e importância dos componentes celulares e da molécula de DNA.

Para Bordenave e Pereira (2015), a aula prática oferece um contato direto com a realidade ou ser utilizada também para auxiliar uma etapa de problematização proposta.

Segundo Ferreira, Angeli e Souza (2015), é importante notar que a sequência de conteúdo tem uma ação significativa na estrutura cognitiva do aluno, à medida que influenciará na compreensão sobre o assunto estudado

De acordo com o desenvolvimento intelectual sugerido por Bruner (1978), fazer uma atividade prática é explorar o aprendizado do aluno quanto a representação ativa e a codificação visual (icônica), para que sucessivamente ele estabeleça o armazenamento de conhecimentos na forma da representação por símbolo e linguagem (simbólica).

Com relação aos resultados obtidos nas avaliações diagnóstica e somativa algumas inferências sobre a mudança conceitual podem ser analisadas (Apêndices 1 e 4).

As respostas mais substanciais estão apresentadas na tabela abaixo (Tabela 2). E para a identificação dos alunos foram dadas através das letras A seguida de um número natural de ordenação, como exemplo A1, A2, A3 e assim sucessivamente.

Tabela 2. Conhecimento prévio e aprendizagem sobre a importância do DNA

Avaliação Diagnóstica – Pré-teste

01. Pergunta: Qual a importância do DNA?		
Alunos	Respostas	Nota
A 3	Ele tem nossas características	4,0
A 4	-	1,0
A 16	Mostrar o tipo sanguíneo	0,0
A 24	Saber informações de pele, cabelo entre outros	2,4

Fonte: Autoras, 2018

Avaliação Somativa – Pós-teste

01. Pergunta: Sobre qual a importância do DNA?		
Alunos	Respostas	Nota
A 3	Ele possui nossas informações genéticas, e é a partir dele que o RNA e as proteínas são formados.	8,7
A 4	É nele que contém toda a informação do ser vivo e através dele muitas doenças e curas podem ser descobertas.	6,5
A 16	Porque é ele que contém todas as nossas informações genéticas	5,2
A 24	O DNA além de obter nossas informações, é a partir dele que podemos descobrir doenças, curas e fazer o teste de paternidade.	8,2

Fonte: Autoras, 2018

Nota-se que os alunos conseguiram complexificar conceitos e estabelecer relações sobre a aplicabilidade da molécula.

Rabelo (2003), comenta que ao longo do processo de desenvolvimento o indivíduo deixa de necessitar de marcas externas e passa a utilizar os signos, representações mentais, que substituem os objetos do mundo real. O ser humano é capaz de operar mentalmente e estabelecer relações na ausência dos objetos como: planejar, analisar, comparar e lembrar.

Uma das perguntas realizadas aos alunos foi sobre, como conseguiriam atribuir importância ao experimento de extração do DNA? As respostas mais substanciais estão transcritas abaixo:

Aluno A8. “Consigo perceber a importância social para uma coisa na qual se fala que é tão importante hoje em dia para evoluir nosso conhecimento e nossas próprias características”.

Aluno A12. “Nessa aula vimos nitidamente o DNA da banana, o que foi realmente demais. Percebi que o DNA está presente em muitas coisas até na banana”.

Aluno A13. “A extração do DNA é muito importante, pois a partir disso podem ser feitos diversos estudos e descobertas de mutações e doenças”.

Aluno A14. “Entendemos que o DNA está presente em todos os seres vivos e são eles que carregam as nossas informações genéticas”.

Aluno A15. “Consigo perceber a importância, pois fazer na prática é compreender melhora teoria”.

Krasilchik (2005) aborda que a formação unicamente teórica causa dificuldade a possibilidade em estabelecer relações entre o cotidiano e o saber científico, assim a aula experimental tem a sua importância em tornar mais acessível essa assimilação.

As respostas apresentadas sugerem que os alunos conseguiram compreender alguns conceitos depois da aula prática juntamente com aplicação do produto como: a importância do DNA para a formação das características dos seres vivos, presença do DNA em todos os seres vivos, e a propensão a doenças como as mutações.

As ações, a visualização e a internalização do pensamento são importantes mecanismos de formação de respostas a eventos. Antes de nós nos depararmos com a realização de tarefas e ações é difícil encontrar palavras para explicar ou descrever um fato, uma atividade ou conceito (BRUNER, 1969).

Muitas vezes na escola ocorrem tentativas de explicar um determinado conteúdo ao aluno, sem que ele tenha passando pela experiência de conseguir relacionar um determinado assunto a um conhecimento anterior que subsidie a informação que deva receber e assimilar (PERRENOUD, 2000).

Por isso, a importância das atividades serem organizadas e mediadas pelo professor, de modo, a permitir a ação reflexiva, a ressignificação e a estruturação de desenvolvimento da aprendizagem do aluno (DUSO, 2012).

5. RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA E SOMATIVA

Quando o ponto de partida é a singularidade do aluno, os objetivos, os conteúdos e a forma de ensinar necessitam passar pelo questionamento do professor em responder às perguntas: O que sabem os alunos em relação ao que se pretende ensinar? Quais seus estilos de aprendizagem? O que são capazes de aprender? Nesse marco, a avaliação passa a ser considerada um processo que implica o progresso dos alunos aos objetivos previstos e os conhecimentos adquiridos (ZABALA, 2010).

Dentre as várias perspectivas de discussão sobre o tema avaliação, esta pesquisa trata da intervenção educativa da aula, da avaliação do ensino e aprendizagem, e a utilização de instrumentos aplicados pelo professor como meios para atingir resultados satisfatórios.

Portanto temos dois sujeitos da avaliação: o professor e o aluno.

5.1. ATIVIDADES SOBRE CONHECIMENTOS PRÉVIOS PARA A ABORDAGEM DO CONTEÚDO DE REPLICAÇÃO DO DNA, SÍNTESE DE RNA (TRANSCRIÇÃO), SÍNTESE DE PROTEÍNAS (TRADUÇÃO) E MUTAÇÃO GÊNICA

A Genética é uma ciência que reúne a necessidade de compreensão de termos, estruturas e composição nuclear que acabam sendo abstratos a compreensão do aluno. Criar estratégias que inter-relacionem conceitos e habilidades à compreensão da dupla hélice de DNA é fundamental para o entendimento do processo de síntese proteica com as características dos seres vivos e os possíveis distúrbios genéticos (ARAÚJO e GUSMÃO, 2017).

Na presente pesquisa as perguntas referentes a Parte 1 da avaliação somativa ou Parte 2 da avaliação diagnóstica (ambas sendo as mesmas questões), dispõe sobre os elementos cognitivos necessários à compreensão da sequência dos processos que ocorrem no DNA, seja para a formação do próprio DNA ou para a produção dos RNA's e proteínas.

Sobre o nível de conhecimento, os assuntos abordados foram: a compartimentalização celular, composição química da célula e importância do DNA, ambos trabalhados no bimestre anterior a realização da pesquisa.

Como envolveu um grau de abstração para a contextualização das atividades, foram utilizadas a construção de modelos representacionais como recurso a compreensão dos alunos (DUSO, 2012).

Parte1 - Exercício nº 2: Esquema de um nucleotídeo com os seus componentes fosfato, açúcar e bases nitrogenadas.

Na atividade referente ao modelo de representação de um nucleotídeo, unidade que em conjunto forma as moléculas de ácidos nucleicos, os resultados da avaliação diagnóstica atestaram que dos 27 alunos participantes 22 (81,48%), não responderam à questão e somente 4 (14,81%) responderam graficamente, porém, sem atingir o objetivo satisfatório para a pergunta (Figura 11).

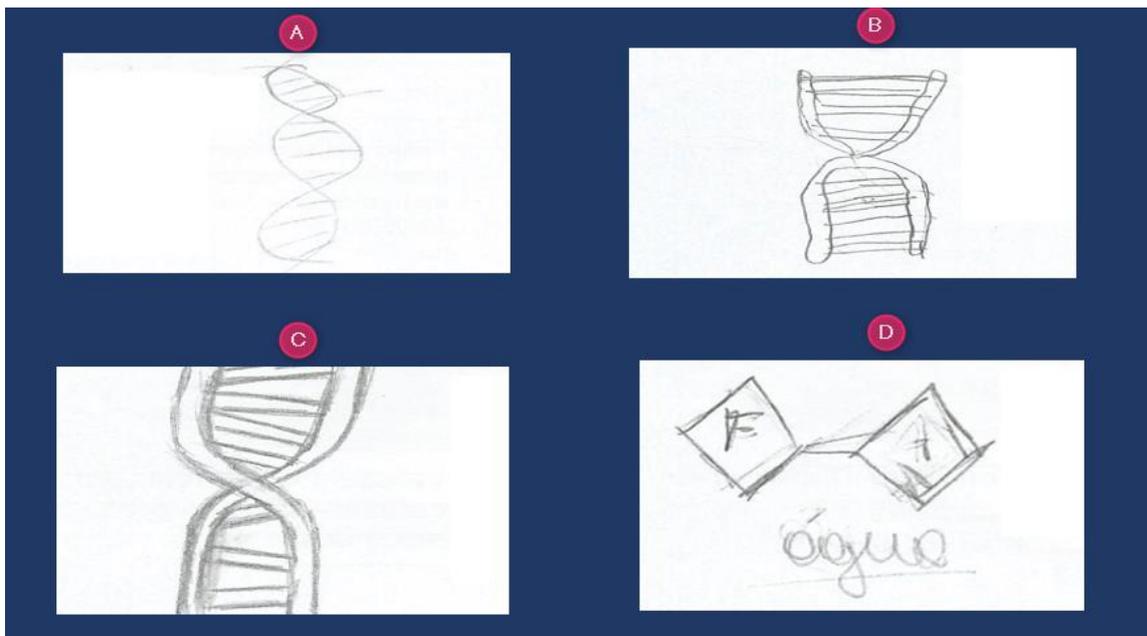


Figura 11. Representação esquemática de um nucleotídeo analisado segundo os conhecimentos prévios dos alunos
Fonte: Autoras, 2018

O contrário pode ser observado na avaliação somativa, onde todos os alunos acertaram a questão, exceto o aluno A14 (representado pelo modelo A das figuras 11 e 12). Porém, o mesmo aluno, apesar de responder à questão de modo não assertivo, demonstrou consciência do seu equívoco, ao escrever abaixo da questão. Fala do aluno A14: - “Sei que a resposta está errada, mas não recordo como faz mais” (Figura 12).

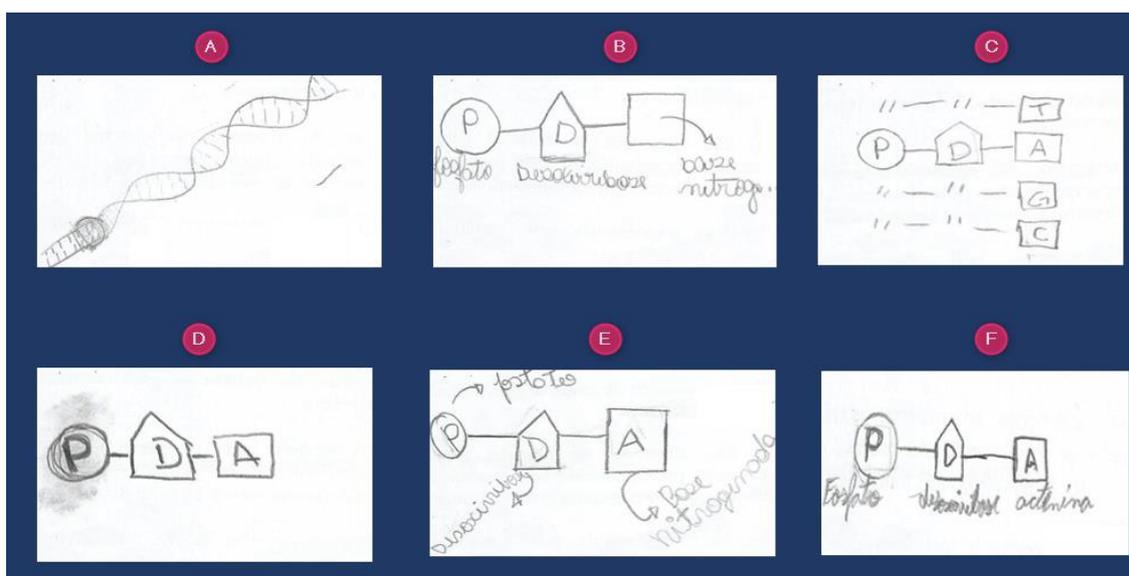


Figura 12. Representação esquemática de um nucleotídeo, após aplicação das aulas e do produto educacional
Fonte: Autoras, 2018

Os esquemas presentes na (Figura 12), ainda demonstram vários detalhes dos níveis de compreensão da atividade como: as representações comuns da molécula do grupo fosfato e do açúcar pentose e a análise diferenciada do item sobre a base nitrogenada. Alguns alunos a identificaram no modelo esquemático, outros não e ainda houve aqueles conseguiram assimilar o conceito de que, o que diferencia um nucleotídeo de outro, são essas cadeias nitrogenadas, que podem ser de quatro tipos possíveis: adenina (A), timina (T), guanina (G) e citosina (C).

Sobre o resultado satisfatório, Bordenave e Pereira (2015), afirmam que os processos mentais de entendimento de um assunto se baseiam em aprendizagens anteriores. As atividades e o produto educacional talvez possam ter contribuído para a mudança cognitiva dos alunos, ficando somente falho a angulação das moléculas que deveriam ter sido melhor trabalhada.

Perrenoud (2000), comenta que muitas vezes para o que professor consiga trabalhar a partir das representações dos alunos, ele precisa tentar reencontrar na memória do tempo o momento em que estava aprendendo aquele assunto, colocar-se no lugar dos aprendizes, lembrar-se de que, se os mesmos não compreendem é que, por vezes, o que parece evidente para ele como professor especialista na verdade é opaco e arbitrário para os alunos.

Uma vez que o aluno consiga transcender a relação entre modelos esquemáticos e modelos representacionais da mente, de modo a compor o processo de elaboração do conhecimento para explicar um fenômeno ele consecutivamente se apropriara dos processos que compõe a ciência (ANDRADE e CALDEIRA, 2009).

E a avaliação, assim, pelo professor possibilitará verificar o quanto houve evolução nas elaborações mentais dos alunos na perspectiva de superação do senso comum (VASCONCELLOS, 2007).

5.1.1. Parte 1 – Exercício nº 3 - Bases nitrogenadas que diferenciam DNA e RNA

A composição química das bases nitrogenadas nos ácidos nucleicos, DNA (ácido desoxirribonucleico) e RNA (ácido ribonucleico), diferem-se com relação a base nitrogenada timina (T) presente no DNA que é substituída pela uracila (U) na molécula de RNA.

Na pergunta referente a qual base nitrogenada está presente somente no RNA, os acertos saltaram de 14 (51,85%) na avaliação diagnóstica para 26 acertos (96,29%) na somativa.

Krasilchik (2001) esclarece que ao se trabalhar com os alunos os resultados alcançados, o aconselhamento, de modo, a corrigir erros e o encorajamento a atingir um bom desempenho em uma avaliação pode contribuir para a ocorrência de um progresso geral dos alunos quanto a compreensão de um conteúdo.

5.1.2. Parte 1 – Exercício nº 4 – Aminoácidos como unidades formadoras de proteínas

No processo de tradução, que ocorre nos complexos ribossomais, os aminoácidos, unidades precursoras das proteínas, se estabelecem por ligações peptídicas. Os RNAs transportadores (RNAt) através da codificação dos genes presentes no RNA mensageiro (RNAm), transportam de modo específico os vários aminoácidos presentes no citoplasma que irão compor o alongamento do polipeptídeo.

Conhecer sobre esta molécula orgânica, sua constituição e os 20 tipos existentes é importante para a posterior interpretação do código genético e das proteínas que exercem diferentes funções nas estruturas dos seres vivos.

Nas respostas dadas, os alunos, demonstraram saber identificar essa estrutura. Foram 22 acertos (81, 48%) no primeiro teste e 26 (96, 29%) no segundo teste.

Zabala (2010), explica que uma das características conceituais da aprendizagem, é que ela nunca está acabada, sempre existe a possibilidade de ampliar ou aprofundar o conhecimento, e neste caso, o domínio de assimilação sobre os aminoácidos é uma ponte de ligação a facilitar a compreensão do processo de síntese proteica.

5.1.3. Parte 1 – Exercício nº 4 - Reconhecimento das partes da célula e dos processos de replicação, transcrição e tradução

Reconhecer as estruturas fundamentais da célula e as etapas do processo de formação de RNAs e proteína, era o interesse deste exercício.

Como a atividade contava com 8 subitens, para melhor quantificar as respostas o valor da questão foi dividido em: quem não acertou nenhum item, quem acertou até a metade dos itens (50%) e aqueles que acertaram acima desse valor até o total (100%) dos itens.

Na avaliação diagnóstica 17 alunos (62,93%) não acertaram a questão e 10 (37,03%) acertaram até metade dos itens. Na avaliação somativa foram 5 alunos (18,51%) que não acertaram nenhuma questão, 11 alunos (40,74%) que acertaram até metade e 11 (40,74%) que acertaram mais da metade da questão.

São vários os critérios de ações que intervêm na condizente análise de um exercício. Neste os alunos tiveram que interpretar e reconhecer vários elementos na imagem, o que pode ter dificultado a compreensão.

Todo professor tem que estar em constante autoavaliação, com base nas atitudes e resultados das provas aplicadas e, em certos casos nos instrumentos utilizados para esse fim, pois essa atitude produz melhoras substanciais em seu trabalho e atitudes de aprovação perante uma sala de aula (KRASILCHIK, 2001).

5.2. ATIVIDADES DOS ASSUNTOS ABORDADOS NO PRODUTO EDUCACIONAL REFERENTES AOS PROCESSOS DE REPLICAÇÃO DO DNA, SÍNTESE DE RNA (TRANSCRIÇÃO), SÍNTESE DE PROTEÍNAS (TRADUÇÃO) E MUTAÇÃO GÊNICA

As perguntas referentes a Parte 2 da avaliação somativa ou Parte 3 da avaliação diagnóstica (ambas sendo as mesmas questões), dispões sobre a apresentação de conceitos e representações mentais acrescentadas a aprendizagem cognitiva dos alunos, através das aplicações das atividades e produto educacional, propostos na pesquisa.

Os resultados demonstraram que os alunos obtiveram um rendimento satisfatório e uma assimilação considerável sobre os processos de replicação, transcrição, síntese de proteínas e mutação gênica.

5.2.1. Parte 2 - Exercícios 2 e 3 - Reconhecimento dos elementos que compõe o DNA, RNA e proteína

As análises dos exercícios 2 e 3, da segunda parte da pesquisa foram somente sobre os resultados da avaliação somativa, tendo em vista que os alunos não tinham ainda conhecimento prévio do assunto quando aplicada a primeira avaliação.

Sobre os conceitos e princípios abordados nas atividades destacaram-se:

- Reconhecimento quanto ao sentido 5` → 3` de formação das duas fitas de material genético - DNA e RNA;
- Ligação correta entre as bases nitrogenadas no DNA e RNA levando em consideração a devida troca da base nitrogenada timina (T) pela uracila (U) na fita de RNA;
- Interpretação do código genético através das trincas de aminoácidos que compõe a leitura dos códons do RNAm (mensageiro);
- Formação dos anticódons do RNAt (transportador), que tem a função de reconhecer a informação do RNAm e transportar especificamente o aminoácido ao complexo

ribossômico para que se estabeleça o alongamento da fita polipeptídica da síntese proteica.

Para melhor quantificar as respostas o valor da questão foi dividido em: quem não acertou questão (0%), quem acertou até a metade (50%) e quem obteve a valor acima da metade até toda ela, correspondendo a (100%) da questão.

No exercício 2, a aferição das respostas mostrou que 5 alunos (18,51%) não acertaram a questão, 2 alunos (7,40%) acertaram até metade e 20 alunos (74,07%), acertaram praticamente toda ela.

No exercício 3, foram 6 alunos (22,22%) que não responderam à questão, e 21 alunos (77,77%) que a acertaram de modo satisfatório.

Segundo Zabala (2010), a assimilação de conceitos e princípios (mudanças que descrevem as relações de causa-efeito ou de correlação entre os símbolos), são percebidos quando se entende o seu significado, sendo possível aplicá-los e interpreta-los diante de um problema ou situação.

5.2.2. Parte 2 – Exercício 4 e 5 - Questões referentes a mutação gênica

O resultado das respostas sobre mutação gênica trabalhado nas aulas, atividades do produto educacional e no estudo de caso sobre anemia falciforme mostrou que a abordagem contribuiu para a assimilação de conceitos por parte dos alunos.

No exercício número 4 cuja questão era objetiva, somente 1 aluno (3,70%) conseguiu responder de forma assertiva, enquanto que na avaliação somativa esse número subiu para 19 acertos (70,37%).

No exercício 5, onde os alunos deveriam interpretar a relação entre mutação gênica e o efeito visível na hemoglobina, foi observado que mesmo sem as aulas alguns alunos conseguiram estabelecer associações. O resultado mostrou que 17 alunos (62,96%) acertaram parcialmente a questão, apesar de não apresentarem nas respostas elementos específicos do conteúdo. Na avaliação somativa esse número subiu para 23 alunos (85,18%).

As respostas mostraram elementos que continham a elaboração e construção de conceitos abordados nas aulas e atividades (Tabela 3).

Tabela 3. Tabela sobre assimilação de conceitos referente ao assunto de mutação gênica

Avaliação Diagnóstica – Pré-teste

05. Observe os esquemas e comente os efeitos visíveis no DNA e na proteína devido a mutação analisada.		
Alunos	Respostas	Nota
A 1	Ela aglomera mais as células da hemoglobina, aumentando a área e não distribuindo uniformemente a hemoglobina no sangue, fazendo com que alguns lugares comecem a faltar nutrientes.	2,25
A 10	Que quando o nível de proteína na hemoglobina sofre esse efeito, a hemoglobina fica aglomerada	2,5
A 18	A formação da célula normal e da célula falciforme se tornam diferentes e ganham uma formação diferente.	3,3

Avaliação Somativa – Pós-teste

05. Observe os esquemas e comente os efeitos visíveis no DNA e na proteína devido a mutação analisada.		
Alunos	Respostas	Nota
A 1	Elas aglomeram em nível maior, pois o formato de foice possibilita encaixar uma na outra. E já com o seu tamanho defeituoso acaba por portar menos oxigênio, logo isso acaba entupindo os vasos sanguíneos causando dor e em alguns casos a morte.	6,0
A 10	O DNA muda a proteína que tem que ser formada. Ao invés da proteína com o GLU é formada uma proteína com VAL. A mutação da proteína causa a hemoglobina aglomerada que pode causar dor e falta de oxigênio no sangue.	9,5
A 18	A anemia falciforme muda apenas um aminoácido da proteína. Ela troca o GLU pela VAL, e ela também varia o formato da hemoglobina. Eles ao invés de ser glóbulos separados ficam unidos e entopem os vasos sanguíneos e falta do oxigênio causando a anemia falciforme	8,7

Fonte: As autoras, 2018.

Bordenave e Pereira (2015), comentam que o desenvolvimento de uma abordagem científica depende das experiências vividas pelos estudantes e da metodologia de ensino e aprendizagem empregada pelos professores.

Segundo Moran, Masetto e Behrens (2013), a educação é feita pela reelaboração mental e emocional das experiências pessoais, ela é eficaz quando ajuda os educandos a enfrentar as incertezas e perceber que avançou atingindo um equilíbrio maior entre as ideias, emoções e realizações.

Segundo Bruner, (1978) as representações de processamento e representação de conceitos são fases internas de desenvolvimento onde o aluno consegue dar expressão formal às ideias concretas que antes não podiam ser descritas ou compreendidas.

Vasconcellos (2007) afirma que a avaliação contendo questões dissertativas, é uma importante oportunidade de dar expressão do conhecimento construído pelo aluno e exige um maior empenho e domínio do saber.

Krasilchik (2001) explana que quando se pede para o aluno argumentar sobre um determinado problema, está se acentuando a importância da reflexão, do pensamento autônomo, da participação e da criação.

No final da pesquisa, os educandos responderam uma pergunta aberta sobre como eles avaliaram a obtenção de conhecimentos referentes ao projeto como um todo e sobre os assuntos apresentados de DNA, RNA, síntese proteica e mutação gênica. Segue abaixo as respostas mais consistentes.

Aluno A1. “Os estudos foram simples e diretos ao ponto”.

Aluno A4. “Posso dizer que me despertou curiosidade sobre o assunto. Muito bom o ensino. Vou procurar me aprofundar mais”.

Aluno A8. “Vejo como uma janela na qual pode me ajudar futuramente, não só a mim, mas também ajudará pessoas que precisarão disso no futuro, para cura de doenças”.

Aluno A10. “Foi muito bom, uma ótima experiência, foi legal e divertido”.

Aluno A11. “Bom eu gostei muito do projeto, pois foi uma forma que mais aprendi, pois eu sou uma pessoa que tem muita dificuldade mais com esse projeto eu consegui aprender muito mais do que em uma aula normal”.

Aluno A14. “Ótimo, explicações e o uso de desenho, slide e computador ajuda muito”.

Aluno A15. “Ótimos, pois com desenhos, computadores entre outros, pude ver melhor estes processos, com melhor facilidade para aprender”.

Em atividades didáticas a aprendizagem de modelos conceituais, onde o aluno consegue expor o que de fato assimilou, é efetiva quando ele compreende que por um conjunto de informações, ele conseguiu estabelecer representações mentais, de modo efetivo e de acordo com os conceitos científicos (ANDRADE e CALDEIRA, 2009).

5.3. MODELO ESQUEMÁTICO SOBRE AS ETAPAS DE REPLICAÇÃO DO DNA, TRANSCRIÇÃO DO RNA E SÍNTESE PROTEICA

Sobre os modelos esquemáticos apresentados, pode-se notar como cada pessoa internaliza as informações recebidas e constrói seu conhecimento. Algumas conseguem estabelecer uma rede de associações mais detalhada de um processo ou de uma informação assimilada.

De acordo com Bruner (1978), para fazer com que os alunos compreendam uma informação é necessário que eles passem por níveis de reforço com diferentes graus de complexidade.

O importante nas imagens da atividade desenvolvida (Figura 13, 14, 15), é perceber que os alunos conseguiram construir um modelo representacional que fosse o mais próximo do real apresentado em sala.

Nota-se que em uma mesma sala, recebendo todos a mesma informação a aprendizagem ocorre de maneira individualizada e cada um absorve aquilo que lhe é significativo, por isso a necessidade de o professor estar atento as diferentes inteligências múltiplas que cada aluno tem, para saber trabalhar e explorar aquilo que lhe sobressai de qualidade

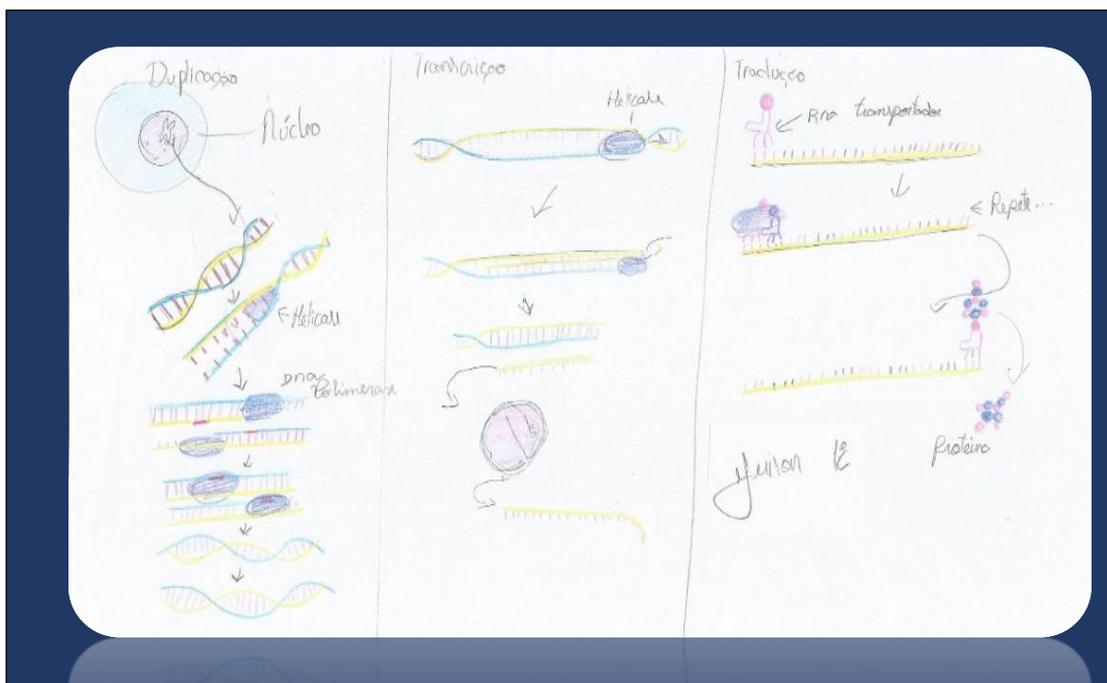


Figura 13. Modelo esquemático do processo de síntese proteica

Fonte: Autoras, 2018.

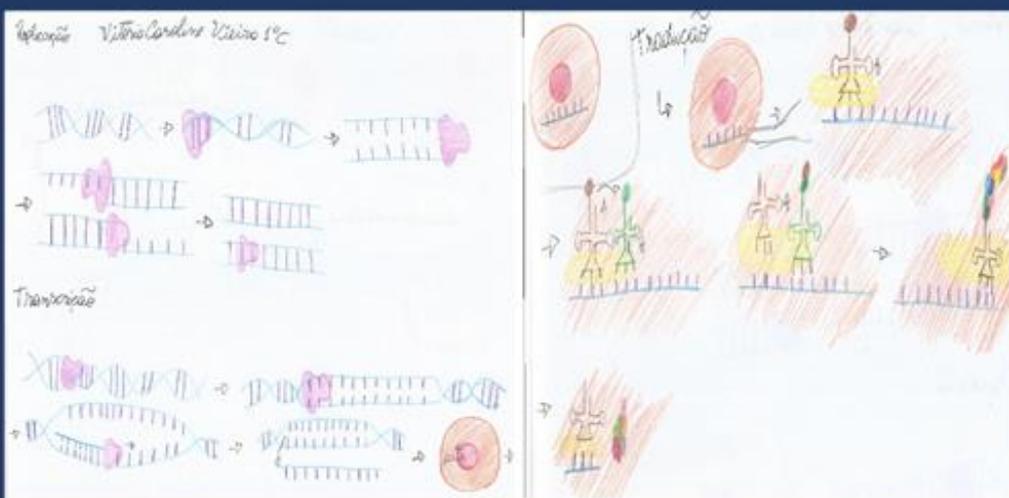
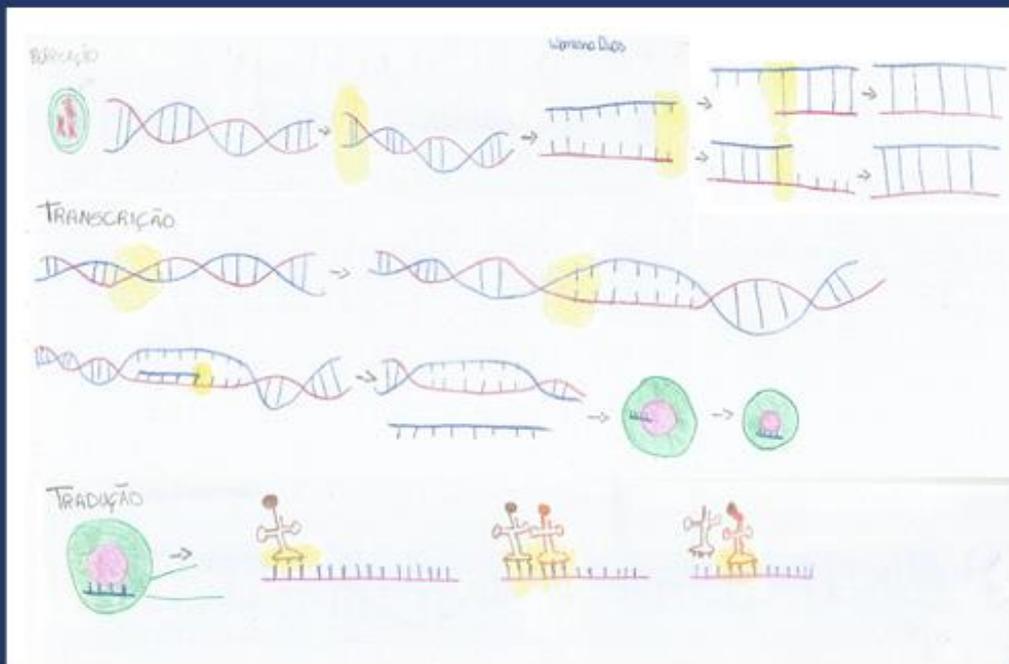


Figura 14. Modelo esquemático do processo de síntese proteica
Fonte: Autoras, 2018

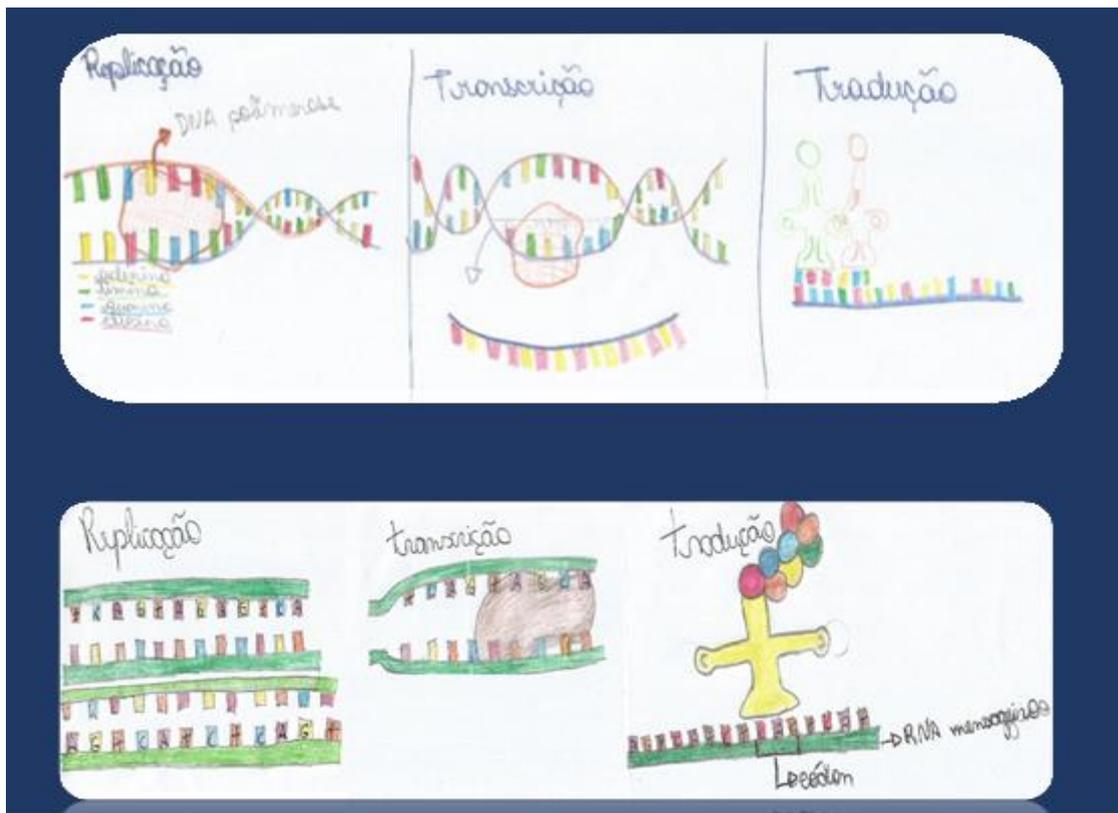


Figura 15. Modelo esquemático do processo de síntese proteica
Fonte: Autoras, 2018.

Segundo Andrade e Cadeira (2009), compreender o mecanismo de funcionamento da molécula de DNA, é um processo complexo, que requer a necessidade de fazer dos modelos representacionais de aprendizagens, instrumentos eficientes, que irão proporcionar aos alunos a elaboração e a reconstrução do pensamento similar ao conhecimento científico.

Luckesi (2011), comenta que as habilidades adquiridas são modos adequados de realizar atos, modos de agir ou fazer que mudam suas convicções e demonstram que se tornaram mais eficientes o seu conhecimento o que possibilita uma maior autonomia e independência em atuar na continuação do seu aprendizado.

5.4. UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE EDUCACIONAL

O software educacional intitulado “A imensidão de uma célula” foi construído de modo a permitir que o usuário pudesse transitar nas diversas aulas e assim interagir com vários elementos dispostos no programa como: objetivos propostos, curiosidades, aulas, atividades células e o seu constituinte nuclear (Figura 16).

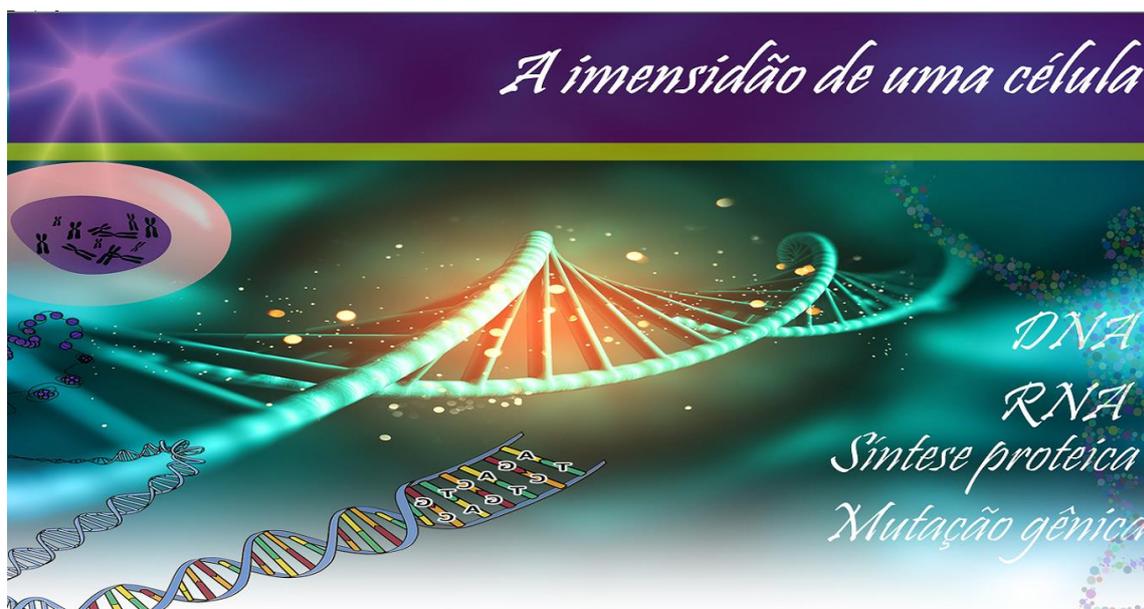


Figura 16. Capa do software educacional
Fonte: Autoras, 2018

Nestas aulas também os alunos puderam estabelecer diversos tipos de relações importantes, favorecendo não somente o processo cognitivo, mas também, a dimensão sócio afetiva e a motora, uma vez que tinham que manipular uma ferramenta educacional e se relacionarem com os colegas e professor para conseguirem estabelecer acertos nas atividades.

Segundo Paula, *et al.* (2014), a utilização de ferramentas como os softwares educacionais, facilita a aprendizagem dos alunos a medida que as perguntas, depois da utilização destes softwares adquirem uma velocidade maior de respostas e, de modo, mais assertivo.

Zabala (2010), esclarece que a aprendizagem de conceitos, são atividades complexas que provocam um verdadeiro processo de elaboração e construção pessoal, portanto, fazer uso de atividades experimentais que favoreçam os novos conteúdos de aprendizagem se relacionem substancialmente com os conhecimentos prévios, que promovam uma forte atividade mental, e que demonstre um desafio ajustado às necessidades reais do aluno, favorece a compreensão destes conceitos e possibilita o conhecimento de situações, ou a construção de novas ideias.

Ao professor, as atividades realizadas pelos alunos, faz com ele capte no processo de produção de conhecimento as suas necessidades e configure assim um plano de ação que vise auxiliá-los na obtenção de melhores resultados (VASCONCELLOS, 2007).

5.5. VALIAÇÃO DO SOFTWARE EDUCACIONAL

A avaliação do produto educacional foi dividida em três partes principais: funcionalidade e eficiência, usabilidade, avaliação da interface e adequação do programa.

Tabela 41. Avaliação dos alunos sobre o produto educacional

<i>FUNCIONALIDADE E EFICIÊNCIA</i>	<i>OT</i>	<i>MB</i>	<i>BO</i>	<i>RE</i>	<i>RU</i>
<i>O software interage com os ícones especificados quando solicitados</i>	7	3	15	2	0
<i>O tempo de resposta de execução de comando do software é adequado</i>	4	5	14	4	0
<i>O software reage adequadamente quando ocorre falhas de execução da atividade</i>	7	6	10	4	0
<i>O software informa ao usuário a entrada de dados inválidos</i>	14	7	6	0	0
<i>USABILIDADE</i>	<i>OT</i>	<i>MB</i>	<i>BO</i>	<i>RE</i>	<i>RU</i>
<i>É fácil de entender o conceito e aplicação do software</i>	15	5	7	0	0
<i>É fácil executar as funções do software</i>	17	7	2	1	0
<i>É fácil aprender a usar</i>	18	7	2	0	0
<i>É fácil de operar e usar</i>	17	5	5	0	0
<i>AVALIAÇÃO DA INTERFACE E ADEQUAÇÃO DO PROGRAMA</i>	<i>OT</i>	<i>MB</i>	<i>BO</i>	<i>RE</i>	<i>RU</i>
<i>As informações dispostas nas telas são apresentadas de forma clara e agradável</i>	15	7	5	0	0
<i>As telas são autoexplicativas ou favorecem ajuda para o seu uso</i>	11	10	4	2	0
<i>Os significados das telas foram logo percebidos por você</i>	15	6	4	2	0
<i>Os significados dos botões e regiões clicáveis foram logo percebidos por você</i>	18	4	3	2	0

Legenda: Ótimo (OT), Muito Bom (MB), Bom (B), Regular (RE) e ruim (RU)

Fonte: Daniele Januário, 2017, com modificação.

Numa avaliação geral os alunos consideraram o software educativo como um produto válido para o estudo sobre o material genético celular, fato analisado pela avaliação dos itens presentes que variaram entre ótimo (O), muito bom (MB) e bom (B).

Não houve nenhum item considerado ruim pela avaliação dos alunos, significando um ponto positivo sobre a utilização do software.

Segundo eles alguns itens merecem ser revisados e melhorados, pois foram avaliados como regular (Tabela 4), indicando que um material didático sempre pode ser melhorado e que os mesmos sabem ter uma visão crítica e produtiva sobre os recursos tecnológicos.

Segundo Luckesi (2011), a avaliação como crítica de percurso, é uma ferramenta necessária para a construção dos resultados, um redirecionamento da direção da ação, uma oportunidade de verificação das falhas e que aponta alternativas de melhorias na concepção global do processo de ensino e aprendizagem.

As tecnologias na educação podem ser empregadas para criar, experimentar e avaliar produtos educacionais, cujo alvo é avançar no novo paradigma da Educação, adequado à sociedade de informação para redimensionar os valores humanos, aprofundar as habilidades de pensamento e tornar o trabalho entre mestres e alunos mais participativo e motivante (MERCADO, 2002).

Esse tipo de trabalho do qual todos participam, oferece as oportunidades ao aluno despertar diferentes habilidades, pois o conhecimento é construído a partir as suas experiências e participação, o que o torna mais significativo e definitivo para o educando (NETTO, 2005).

Segundo Pais (2010), criar conhecimentos com o apoio de recursos digitais é uma das possibilidades e desafios da educação contemporânea. O uso pedagógico do computador, deve esboçar a potencialidade que os recursos dessa tecnologia e desenvolver competências e habilidades para a seleção de informações pelo próprio sujeito da aprendizagem como autonomia, iniciativa, interesse e estratégias para a solução de problemas.

Ao produzir conhecimento o ser humano se torna mais hábil em melhor compreender a realidade assim como em atuar e viver de forma satisfatória dentro dela (LUKESI, 2011).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Segundo Zabala (2010), um dos objetivos de um bom professor é ser competente no seu ofício, característica alcançada, por meio, da busca constante de conhecimento e experiências.

Ao longo do tempo, tanto o conhecimento quanto a experiência precisam ser analisados e revisados, de modo, a conduzir uma efetiva prática educativa.

Isso torna-se necessário porque a dinâmica da sociedade está em constante mudança. A tecnologia, o avanço no conhecimento científico, a interatividade entre as pessoas e a mudança no estilo de vida são fatores que repercutem também na esfera da educação.

Desse modo, o professor, apesar de permanentemente trabalhar com temas como: avaliação, planejamento, tecnologia e modelos de aprendizagem precisa estar em constante atualização, impelidos em acreditar que tratar desses temas o tornará mais preparado para lidar com o público de alunos que detêm a informação ao seu alcance, mas que precisam ser conduzidos na sua formação.

Quanto as áreas da Biologia e Genética Molecular, estas contêm conceitos abstratos e técnicas peculiares e muitas vezes inacessíveis à manipulação em sala de aula, portanto, o professor necessita criar estratégias metodológicas para aproximar conhecimento científico vigente em uma determinada época a estrutura cognitiva assimilável do aluno.

Sobre esses assuntos os resultados da pesquisa trazem algumas considerações e elas seguem listadas abaixo.

A adoção de uma teoria de aprendizagem que vise a entender, antecipar e estruturar estratégias que irão promover o desenvolvimento cognitivo do aluno é importante estar na metodologia aplicada pelo professor e em conformidade com seu planejamento de ensino.

O bom planejamento deve estar centrado na ação de integrar a rede de representações que os alunos trazem como objeto de conhecimento e ainda deve poder modificá-los tornando-os mais complexos e adaptados à realidade.

As estratégias metodológicas precisam levar a participação ativa do aluno no sentido de fazê-los problematizar, pesquisar, experimentar, desenhar, construir modelos,

fazer exercícios, trabalhar em grupo ou ainda outras atividades que possibilitem uma melhor aprendizagem.

A avaliação tem que ser pensada como um processo, que sugere uma reflexão crítica sobre uma determinada prática, no sentido de alcançar avanços, entender obstáculos e permitir a tomada de decisão sobre o que fazer para superar problemas na prática do ensino e determinar um novo percurso e/ ou uma nova construção metodológica.

A tecnologia pelo fato de estar inserida em todos os campos da sociedade precisa ser ponto de discussão em todas as esferas da educação. Na escola ela precisa estar em conformidade com o direcionamento de investimentos na área, com a estrutura curricular e na ação específica do professor em sala de aula.

Totalizando a discussão desses temas, e os aliando ao objetivo maior desta pesquisa que foi de contribuir com os alunos sobre a ampliação de conhecimentos científicos referentes aos processos de replicação, transcrição, expressão gênica e mutação, os resultados apresentados foram satisfatórios.

Os alunos, através das metodologias aplicadas conseguiram progressivamente melhorar a assimilação de conceitos referentes a Biologia e Genética Molecular.

As atividades da aula experimental e o uso de imagens como modelos representacionais, seja na forma de vídeos, desenhos, software educacional e esquemas de montagem do processo de síntese proteica indicaram que estes foram importantes instrumentos para a formação das representações mentais dos alunos, na medida que promoveram a capacidade destes de expressarem de modo correto e mais conciso as informações recebidas.

Em específico sobre o software educacional desenvolvido e utilizado, os alunos não apresentaram grandes dificuldades. Após terem recebido as primeiras informações sobre o seu modo de utilização, manipularam a ferramenta e fizeram observações oportunas sobre os conhecimentos e a qualidade do produto que estavam testando.

Como toda a pesquisa tem seus limites e implicações que precisam ser transpostos, esta não é diferente. Trabalhar hoje com uma ferramenta tecnológica, na escola, esbarra com as mais diversas dificuldades como: investimentos tecnológicos, a formação continuada dos professores para conseguirem oportunizar o uso das ferramentas tecnológicas em sala de aula e a necessidade do avanço na área de construção de softwares educacionais que atendam de modo eficiente e eficaz aos objetivos propostos para uma determinada área da educação.

Por fim, que pesquisas nessas áreas sejam uma constante contribuindo cada vez mais para a melhoria da prática educativa nas escolas e na formação integral do aluno da educação básica.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADELL, J. Educação 2,0. In: BARBA, C.; CAPELLA, S. (Org). Tradução de Alexandre Savaterra. **Computadores em sala de aula - métodos e usos**. Porto Alegre: Penso, 2012.

ALART, N. As teorias das Inteligências Múltiplas no aprendizado das TIC`s. In: BARBA, C.; CAPELLA, S. (Org). Tradução de Alexandre Savaterra. **Computadores em sala de aula - métodos e usos**. Porto Alegre: Penso, 2012.

ALBERTS, B. *et al.* **Biologia Molecular da Célula**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

ALVES, M. **Como escrever teses e Monografias: Um roteiro passo a passo**. 2ª. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

AMABIS, J. M.; MARTHO, G. R. **Biologia Moderna**. São Paulo: Moderna, 2016.

ANDRADE, M. A. B. S.; CALDEIRA, A. M. A. O modelo de DNA e a Biologia Molecular: inserção histórica para o Ensino de Biologia. **Revista Filosofia e História da Biologia**. v.4, p. 139-165, 2009.

ARAÚJO, A. B.; GUSMÃO, F. A F. As principais dificuldades encontradas no ensino de Genética na educação básica. In: ENCONTRO INTERNACIONAL DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES. 10. 2017. Aracaju. **Anais**: Aracaju, SE: ENFOPE, 2017 p.1-11.

BARROS, C. S. G. **Pontos de psicologia escolar**. São Paulo: Ática, 1998.

BORDENAVE, J. D.; PEREIRA, A. M. **Estratégias de ensino - aprendizagem**. 33. ed. Rio de Janeiro: Vozes, 2015.

BORGES, A. T. Como evoluem os modelos mentais. **Revista Ensaio**. v. 01, n. 01, p. 66 - 92, jan / jun, 1999.

BRASIL, M. D. E. Programa Nacional de Tecnologia Educaional (PROINFO). **Ministério da educação**, 2018. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/observatorio-da-educacao/271-programas-e-acoes-1921564125/seed-1182001145/13156-proinfo-integrado>>. Acesso em: 30 out. 2018.

BROWN, T. A. **Genética: Um enfoque molecular**. Tradução de Liane Oliveira Mufarrej Barbosa Paulo Armando Motta. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara koogan, 2016.

BRUCE, A. E. A. et al. **Fundamentos da Biologia Celular**. Tradução de et al. Ana Letícia de Souza Vanz. 6. ed. Porto Alegre: Artemed, 2011.

BRUNER, J. S. **Uma teoria da aprendizagem**. Rio de Janeiro: Bloch, 1969.

BRUNER, J. S. **O processo da educação**. 7. ed. São Paulo: Nacional, 1978.

BURNS, G. W.; BOTTINO, P. J. **Genética**. Tradução de Paulo Armando Motta João Paulo Campos. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

- CAMPEIZ, A. F. et al. A Escola na perspectiva de adolescentes da geração Z. **Revista eletrônica de enfermagem**. v. 19, n. 45666, p. 19-58, 2017.
- CARVALHO, F.; RECCO-PIMENTEL, S. **A célula**. 3. ed. Barueri: Manole, 2013.
- CARVALHO, L. A. Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC's) e a sala de aula. **Revista científica perspectivas online**. v.6, n.17, p-22-30, 2016.
- CONTE, E.; MARTINI, R. M. F. As tecnologias na Educação, uma questão somente técnica? **Revista Educação & Realidade**. v. 40, n. 4, p. 1191 - 1207, 2015.
- COOPER, G. M.; HAUSMAN, R. E. **A célula: Uma abordagem molecular**. Tradução de Maria Regina Borges Osório. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2012.
- COSTA, J. M. **Software interativo como ferramenta para a otimização do ensino de Biologia**. Dissertação (Mestrado em Educação Ciência e Tecnologia), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 103f, 2017.
- COSTA, S. F. **Introdução ilustrada a estatística**. 1.ed. São Paulo: Harbra,1998.
- COUTINHO, C. LISBOA, E. Sociedade da informação, do conhecimento e da aprendizagem: desafios para educação no século XXI, **Revista de Educação**, v. 18, n.1, p. 5-22, 2011.
- CRUZ, V. L. et al. Extração do DNA da banana: aliando teoria e prática no ensino de ácidos nucleicos em bioquímica. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO QUÍMICA, 10, 2012. São Paulo. **Anais**: Teresina, PI: Simpequi, 2012. p.1.
- DAMIS, O. T. Didática e ensino: Relações e pressupostos. In: VEIGA, I. P.A. (Coord.) **Repensando a didática**. Campinas: Papirus, 2016.
- DIOGINIS, M. L. et al. As novas tecnologias no processo de ensino aprendizagem. **Revista Colloquium humanarum**, v.12, n. especial, p. 1155 - 1162, 2015.
- DOLINSKY, L. C.; PEREIRA, L. M. C. DNA Forense. **Revista Saúde e Ambiente**, Duque de Caxias, v. 2, p. 12, jul - dez 2007.
- DUSO, L.; O uso de modelos no ensino de Biologia. In: ENCONTRO NACIONAL DE DIDÁTICA E PRÁTICAS DE ENSINO. 16, 2012. Florianópolis. **Anais**. Florianópolis, SC: ENDDIPE, 2012. P.1-10.
- FARAH, S. B. **DNA segredos e mistérios**. 2. ed. São Paulo: Savier, 2007.
- FECCHIO, L. C.; MACEDO, L. C.; RICCI, G. C. L. **Uso da terapia gênica no tratamento de doenças**. Uninga, Maringá, v. 21, p. 44 - 94, jan - mar, 2015.
- FEITOSA, D. et al. Um estudo sobre o uso de tecnologia de informação no processo de ensino e aprendizagem. **Revista Portuguesa e Brasileira de Gestão**. v.13, n. 4, 2014.
- FERREIRA, K. A.; ANGELI, M.; SOUZA, M. A. V. F. A Jerome Seymour Bruner: Cognitivismo em ação. In: SOUZA, M. A. V. F; Souza; SAD, L. A; THIENGO. E. R. (org). **Aprendizagem em diferentes perspectivas**. Vitória: Ifes, 2015. p. 45 - 68.

FIGUEIREDO, G. L. R. et al. Tecnologias computacionais na educação: desafios na prática docente. In: WORKSHOP DE INFORMÁTICA NA ESCOLA. 21. 2015. Espírito Santo. **Anais:** Espírito Santo (ES) CBIE - LACTTO, 2015, p. 127-136.

FILANTRO, A. **Design instrucional contextualizado - educação e tecnologia**. 3. ed. São Paulo: Senac, 2010.

GOMES, A. S.; PADOVANI, S. Usabilidade no ciclo de desenvolvimento de software educativo. In: XVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO. 16. 2005, Minas Gerais. **Anais:** Minas Gerais (MG) (SBIE), 2005, p. 1 - 28.

GRACI, A. Tipos de RNA e funções mensageiro, ribossômico, transportador. **Essas e Outras**. 2013. Disponível em: <<https://essaseoutras.com.br/tipos-de-rna-e-funcoes-mensageiro-ribossomico-e-transportador-resumo/>>. Acesso em: 15 de nov. de 2018.

GUERIN, C. S.; PRIOTTO, E. M. T. P.; MOURA, F. C. Geração Z: a influência da tecnologia nos hábitos e características de adolescentes. **Revista Valore**, edição especial, n. 3, p. 726 - 734, 2018.

HADJI, C. **Avaliação desmistificada**. Porto Alegre: Artmed, 2001.

HOFFMANN, J. **Avaliar para promover**. 8. ed. Porto Alegre, 2001.

JORDE, L. B.; CAREY, J. C.; BAMSHAD, M. J. **Genética Médica**. 5. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017.

JUNIOR, A. J. V.; GOBARA, S.T. Ensino em modelos como instrumento facilitador da aprendizagem em Biologia Celular. **Revista Enseñanza de las Ciências**. v. 15, n.3, p. 450 - 475, 2016.

JUNQUEIRA, J. C.; CARNEIRO, J. **Biologia Celular e Molecular**. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2017.

KRASILCHIK, M. **Ensinar a ensinar - didática para a escola fundamental e média**, In: CASTRO, A. D.; CARVALHO, A. M.P. (Org). São Paulo: Cenegage learning, 2001.

KRASILCHIK, M. **O professor e o currículo das ciências**. Coleção Temas básicos de Educação e Ensino. São Paulo, Ed. EPU, 2005.

KREUZER, H.; MASSEY, A. **Engenharia Genética e Biotecnologia**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2002.

LAIRD, J. Mental models and human reasoning. **Revista Psicologia da Universidade de Princeton**. v.107, n.43, p. 18243-1850, outubro, 2010.

LOPES, S ; ROSSO, S. **Biologia**. 1. ed. São Paulo: Saraiva , 2008.

LOPES, A. O. Planejamento do ensino numa perspectiva crítica de educação, In: VEIGA, I. P.A. (Coord.) **Repensando a didática**. 29. ed. Campinas: Papirus, 2016.

LUCKESI, C. C. **A avaliação da aprendizagem escolar**. 22.ed. São Paulo: Cortez, 2011

- MALUF, S. W.; RIEGEL, M. **Citogenética humana**. 1. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011.
- MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de Pesquisa**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2012.
- MERCADO, L. P. L. **Novas tecnologias na educação: reflexões sobre a prática**. Maceió: Edufal, 2002.
- MONTEIRO, I. G.; JUSTI, R.S. Analogias em livros didáticos de Química Brasileiros destinados ao Ensino Médio. **Revista Investigações em Ensino de Ciências**. v.5, n.2, p. 67-91, 2000.
- MORAN, J. M.; MASETTO, M. T.; BEHRENS, M. A. **Novas tecnologias e mediação pedagógica**. 21.ed. São Paulo: Papirus, 2013.
- MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. 2ª. ed. São Paulo: E.P.U, 2017.
- NETTO, A. A. O. **Novas tecnologias e unidersidade: da didática tradicionalista à inteligência artificial - desafios e armadilhas**. Rio de Janeiro: Vozes, 2005.
- NUSSBAUM, L.; MACINNES, R. R.; WILLARD, H. **Thompson & Thompson Genética Médica**. 7. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.
- OLIVEIRA, M. K. **Vygotsky: Aprendizado e desenvolvimento: um processo sócio-histórico**. 4ª. ed. São Paulo: Scipione, 1997.
- OLIVEIRA, T. H.G.; SANTOS, N. F.; BELTRAMINI, L.M. O DNA: uma sinopse histórica. **Revista Brasileira de Bioquímica e Biologia Molecular**, São Paulo. n.1, p. 01- 16, dezembro, 2004.
- PAIS, L. C. **Educação Escolar e as tecnologias da informática**. Belo Horizonte: Autêntica, 2010.
- PAULA, A.C. et al. Softwares educacionais para o ensino de física, química e biologia. **Revista Ciências & ideias**. v. 5, n. 1, p. 106 - 120, 2014.
- PEREIRA. B. T.; FREITAS, M. C. O uso das tecnologias da informação e comunicação na prática pedagógica da escola. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO E TECNOLOGIA E ENCONTRO DE PESQUISADORES EM EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA. 1. 2018, São Paulo. **Anais: São Paulo CIET / EnPED**, 2018, p. 1-12.
- PERRENOUD, P. **Avaliação: da excelência à regulação das aprendizagens - entre duas lógicas**. Porto Alegre: Artmed, 1999.
- PERRENOUD, P. **As novas competências para ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 2000.
- PIERCE, B.A. **Genética um enfoque conceitual**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.
- PINTO, I. P. **A importância dos resultados do CMA no aconselhamento genético das famílias com probandos apresentando deficiências intelectual**. 2015. Dissertação

(Mestrado em Genética) Pró-Reitoria de Pós Graduação e Pesquisa. Pontifícia Universidade Católica de Goiás. 52 f. Goiânia, GO.

RABELO, E. H. **Avaliação: novos tempos e novas práticas**. 6. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2003.

ROBERTIS, M.; HIB, J. **Biologia Celular e Molecular**. 16. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

SANT'ANNA, I. M. **Porque avaliar? Como avaliar? Critérios e instrumentos**. Rio de Janeiro: Vozes, 1995.

SANTOS, N. L.; *et al.* Softwares educacionais: O papel do licenciado em computação na escola. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO. 5. 2016. Manaus. **Anais**: Manaus. AM: CBIE, 2016. p. 363-366

SANTOS, R. T. **Processo de desenvolvimento de software educativo: um estudo da prototipação de um software para o ensino de função**. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática e Tecnológica). Centro de Educação da Universidade Federal de Pernambuco, 112.f. Recife, 2016.

SILVA, R. D. S. **Nativos e imigrantes digitais no contexto educacional**. 2014. 68f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) Universidade Estadual da Paraíba, João Pessoa, 2014.

SILVA, A. J.; MEDEIROS, J. W.; SOUZA, M. R. Ciberaula e nativos digitais: uma experiência de educação a distância na educação básica. **Revista de Educação, Ciência e Tecnologia**. v.7, n.1, p. 2-21, 2018.

SNUSTAD, D. P.; SIMMONS, M. J. **Fundamentos da Genética**. 7. ed. Rio de Janeiro : Guanabara Koogan, 2017.

STERNBERG, ; STERNBERG, K. **Psicologia Cognitiva**. 7ª. ed. São Paulo: CENTAGE Learning, 2016.

STRACHAN, T.; READ, A. **Genética Molecular Humana**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

TAJRA, S. F. **Informática na educação: novas ferramentas pedagógicas para o professor na atualidade**. 9.ed. São Paulo: Érica, 2012.

VASCONCELLOS, C. S. **Avaliação da aprendizagem: práticas de mudança: por uma práxis transformadora**. São Paulo: Libertad, 2005.

VASCONCELLOS, C. S. **Avaliação concepção dialética-libertadora do processo de avaliação escolar**. 17. ed. São Paulo: Libertad, 2007.

VIEIRA, S. **Como escrever uma tese**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

VIGOTSKI, L. **Imaginação e criação na infância: ensaio psicológico: livro para professores/Lev semionovich Vigotski. apresentação e comentários Ana Smola**. São Paulo: Ática, 2009.

ZABALA, A. **A prática Educativa: como se ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 2010.

ZILLY, A.; SILVA, R.M.M. **Genética de doenças raras e promoção e cuidado interdisciplinar**. Porto Alegre: Evangraf, 2018



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS

APÊNDICE1

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Senhores Pais e/ou Responsáveis,

O presente termo refere-se a um convite de consentimento para o aluno (a) participar, do projeto de pesquisa: **“Estudo sobre replicação do DNA, síntese de RNA, síntese proteica e mutação gênica por meio de um software educacional”**, a ser aplicado na escola E. E. Liceu Cuiabano “Maria de Arruda Müller”.

O objetivo dessa pesquisa visa analisar a aprendizagem de conceitos, representações mentais e a associação entre teoria e estudo de caso de temas que abordem os assuntos relacionados as disciplinas de Biologia e Genética Molecular, voltados ao Ensino Médio e, por conseguinte analisar a adequação do software educacional (Biogen), seu possível uso e aplicação em sala de aula.

O projeto será desenvolvido nos horários normais de aula e estará em consonância ao conteúdo programático da disciplina de Biologia referente ao segundo bimestre do ano letivo atual.

A participação na pesquisa é voluntária e o aluno tem a liberdade de aceitar ou recusar a participação, sem que haja nenhum prejuízo sobre sua decisão.

Sobre o conteúdo a ser abordado nas aulas o aluno terá todas as explicações necessárias podendo a qualquer momento solicitar ao pesquisador esclarecimentos sobre as dúvidas do seu interesse.

Os dados da pesquisa não apresentarão nenhuma informação sobre a identidade dos participantes e os resultados serão disponibilizados ao final do estudo.

Em caso de dúvida o contato para os possíveis esclarecimentos será com a professora responsável pela pesquisa Monika Michelly Aparecida Nunes pelo telefone (65) 9 9236 9889 ou via e-mail para monicacomk@gmail.com.

Autorização:

Diante dos devidos esclarecimentos, e estando ciente dos objetivos da pesquisa, da garantia da confidencialidade das informações, bem como da adesão voluntária a participação, autorizo meu/minha filho (a) a participar da pesquisa.

Nome do (a) participante:

Assinatura dos pais e/ou responsáveis

Assinatura da responsável pela pesquisa

Cuiabá, _____ de _____ 2018.

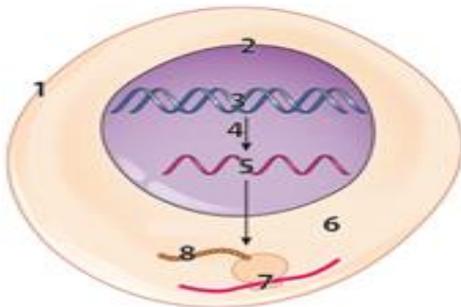


UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS

04. Os aminoácidos são as moléculas mais abundantes nos seres vivos. A união de várias moléculas de aminoácidos pode favorecer a formação de:

- a) Carboidratos.
- b) Lipídios.
- c) Vitaminas
- d) Proteínas.
- e) Sais minerais.

05. Tomando o modelo abaixo como molde cite o nome das estruturas e processos apresentados.



Fonte: sciencemusicvideos. Disponível em:
<https://www.sciencemusicvideos.com/dna-and-molecular-genetics-the-big-picture/>, acesso 17/05/2018

- 1. (estrutura) _____
- 2. (estrutura) _____
- 3. (estrutura) _____
- 4. (processo) _____
- 5. (processo) _____
- 6. (estrutura) _____
- 7. (estrutura) _____
- 8. (estrutura) _____

Parte 3.

Atividades dos assuntos abordados no produto educacional referentes aos processos de replicação do DNA, síntese de RNA (transcrição), síntese de proteínas (tradução) e mutação gênica.

01. Atualmente onde os conceitos da Biologia e Genética Molecular são aplicados?

02. Uma cadeia de RNA foi produzida tendo como molde o filamento de DNA esquematizado abaixo.



Pergunta-se:

- a) Qual a sequência de RNA formada?

- b) Quais aminoácidos constituirão a proteína produzida a partir do RNA?

03. Considerando como referência os diferentes códons do RNAm apresentados



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS

APÊNDICE 3

EXTRAÇÃO DO DNA DA BANANA

Experiência: “Ato ou efeito de experimentar, pôr à prova, ensaiar, pôr em prática, tentar empreender, experimentação.”
(Dicionário Aurélio)

ÁREA DO CONHECIMENTO: _____

PROFESSOR: _____

ALUNO: _____

SÉRIE: _____ TURMA: _____

1. Experimento:

Extração do DNA da Banana

- a) Corte e amasse a banana.
- b) Coloque 4 colheres (sopa) de detergente e 1 colher de chá de sal em ½ copo de água .
- c) Mexa até a total dissolução,
- d) Depois adicione a banana e leve em banho-maria por 15 minutos.
- e) Retire a mistura do banho-maria e leve rapidamente a mistura num recipiente com gelo por 5 minutos.
- f) Coe a mistura e adicione e leve rapidamente ao tubo de ensaio.
- g) Acrescente álcool o álcool gelado até a metade do tubo.
- h) Faça movimentos circulares misturando a fase e observe o que acontece.

2. Relacione os materiais que foram utilizados na experiência

3. Faça uma síntese do procedimento realizado nesta aula de experimentação:

4. É possível estabelecer relações entre o experimento que acabamos de realizar e situações que ocorrem em seu dia-a-dia? Quais?

5. Relacione os conteúdos abordados ao realizar essa atividade?

6. O experimento que você acabou de fazer explicou que fenômeno estudado?

7. De tudo que foi realizado, o que você pode concluir?

Referência Bibliográfica

CRUZ, V. L.; et al. Extração do DNA da banana: aliando teoria e prática no ensino de ácidos nucleicos em bioquímica. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO QUÍMICA, 10, 2012. São Paulo. **Anais:** Teresina, PI: SIMPEQUI, 2012. p.1.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS

APÊNDICE 4

AVALIAÇÃO SOMATIVA (PÓS-TESTE)

Atividades sobre conhecimentos prévios para a abordagem do conteúdo de replicação do DNA, síntese de RNA (transcrição), síntese de proteínas (tradução) e mutação gênica.

01. Qual a importância do DNA?

02. Faça um esquema mostrando como componentes fosfato, o açúcar e a base nitrogenada se unem para formar uma unidade de nucleotídeo da molécula de DNA.

03 As bases nitrogenadas correspondem a linguagem dos seres vivos. Elas estão presentes tanto no ácido nucleico DNA quanto no RNA. Porém, a base nitrogenada que está presente somente no RNA corresponde a:

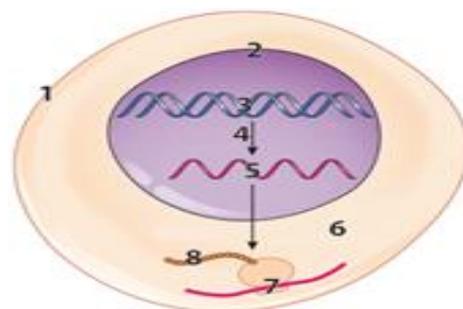
- a) () timina
- b) () adenina
- c) () guanina

- d) () citosina
- e) () uracila

04. Os aminoácidos são as moléculas mais abundantes nos seres vivos. A união de várias moléculas de aminoácidos pode favorecer a formação de:

- a) Carboidratos.
- b) Lipídios.
- c) Vitaminas
- d) Proteínas.
- e) Sais minerais.

05.



Tomando o modelo abaixo como molde cite o nome das estruturas e processos apresentados.

Fonte: siencemusicvideos. Disponível em:

<https://www.siencemusicvideos.com/dna-and-molecular-genetics-the-big-picture/>, acesso 17/05/2018

- 1. (estrutura) _____
- 2. (estrutura) _____
- 3. (estrutura) _____



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS

- 4. (processo) _____
- 5. (processo) _____
- 6. (estrutura) _____
- 7. (estrutura) _____
- 8. (estrutura) _____

b) Quais aminoácidos constituirão a proteína produzida a partir do RNA?

Atividades dos assuntos abordados no produto educacional referentes aos processos de replicação do DNA, síntese de RNA (transcrição), síntese de proteínas (tradução) e mutação gênica.

01. Atualmente onde os conceitos da Biologia e Genética Molecular são aplicados?

02. Uma cadeia de RNA foi produzida tendo como molde o filamento de DNA esquematizado abaixo.

_____ 3` ATGAAATTAGGTGCT5` _____

Pergunta-se:

a) Qual a sequência de RNA formada?

03. Considerando como referência os diferentes códons do RNAm apresentados na tabela abaixo faça o complemento dos espaços em branco com relação a sequência da molécula de DNA e dos anticódons do RNAt:

Molécula de DNA	3`					5`
	5`					3`
Códon (RNAm)		GGU	ACC	CAC	UAU	
Anticódon (RNAt)	-					-
Aminoácido	-	Gli	Treo	His	Tir	-

04. Sobre o assunto de mutação gênica marque a opção incorreta.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS

APÊNDICE 5

ESQUEMA DO MODELO MENTAL DOS PROCESSOS DE REPLICAÇÃO,
TRANSCRIÇÃO E SÍNTESE PROTEICA

Faça um modelo esquemático que explique as etapas do processo de replicação do DNA, Transcrição do RNA e a síntese proteica.





UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS

APÊNDICE 6

AVALIAÇÃO FORMATIVA

Nome: _____ Turma: _____

1. Quais as funções do DNA? Faça o modelo do DNA e RNA.

2. Quais as partes do nucleotídeo? Faça o modelo.

3. Quais as partes da célula? Faça o modelo

4. Faça o complemento da fita de DNA, RNA?

a) ____3` TCAGCTAGTCGTACT5` ____

5. Quais aminoácidos constituirão a proteína produzida a partir do RNA?

a) ____3` TACTCAGCTAGTCGTACTATT5` ____

6. Explique sobre a mutação gênica anemia falciforme?

7. Faça todo o esquema da síntese proteica.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS

8. Complete a tabela abaixo com relação a molécula de DNA, RNAm, anticódon

Molécula de DNA	3`					5`
	5`					3`
Códon (RNAm)		UCG	AGU	ACC	GCA	
Anticódon (RNAt)	-					-
Aminoácido	-					-



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS

APÊNDICE 7 - ESTUDO DE CASO - DOENÇAS DAS CÉLULAS FALCIFORMES

Ken e Carol um casal sadio, tiveram seu primeiro filho, Keith, quando eles ainda moravam no seu país de origem, Quênia. O menino Keith era normal como todas as outras crianças da sua idade.

Logo depois que o casal precisou mudar para a Inglaterra Carol engravidou novamente e então nasceu a Célia que diferente do primeiro filho apresentou logo aos três meses de idade um edema em seus dedos necessitando ser encaminhada a uma pediatra. Esta observou a palidez na pele de Célia, os baixos níveis de hemoglobina no sangue e após resultados e verificação dos exames informou o diagnóstico aos pais explicando que Célia era portadora da doença chamada de anemia falciforme. A doença explicou ela poderia causar graves dores ósseas e abdominais, internações hospitalares constantes, transfusões sanguíneas e uso de penicilina por toda a vida da pequena Célia.

Embora difícil para casal ter que cuidar de uma filha com doença grave, anos mais tarde Carol engravidou do terceiro filho. Temerosa quanto a gestação, foi procurar auxílio de uma ginecologista para saber sobre os riscos do presente bebê também apresentar anemia falciforme.

A ginecologista explicou ao casal que a doença da filha é causada por uma substituição de um único nucleotídeo que altera o códon do aminoácido ácido glutâmico para o códon do aminoácido valina. Assim a hemoglobina mutante leva a aglutinação e deformação das hemácias na forma de discos.

A sequencia do gene da hemoglobina normal é lida (parcialmente), assim:

CTG	ACT	CCT	GAG	GAG	AAG	TCTG
Leu	Tre	Pro	GLU	Glu	Lis	Ser

enquanto a versão mutante, que é a causa das doenças das células falciformes é a seguinte

CTG	ACT	CCT	GTG	GAG	AAG	TCTG
Leu	Tre	Pro	VAL	Glu	Lis	Ser

Para ter certeza que com relação as chances de o bebê nascer com a mesma mutação de Célia a médica ginecologista solicitou a mãe a realização de exames. O DNA fetal foi obtido por meio de biópsia de vilosidade coriônica, com 11 semanas de gestação e os resultados demonstraram que o feto era heterozigoto para mutação, portanto sem riscos graves para o desenvolvimento da doença. Assim Carol prosseguiu com a gravidez e finalmente deu à luz a um bebê saudável.

JORDE, L. B.; CAREY, J. C.; BAMSHAD, M. J. **Genética Médica**. 5. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS

APÊNDICE 8

DOENÇAS CAUSADAS POR MUTAÇÃO

1. Realize uma pesquisa sobre as doenças citadas abaixo, com relação aos sintomas, tratamentos, causa e a mutação gênica relacionada a elas.

A - Fenilcetonúria;

B - Anemia Falciforme;

C - Fibrose cística;

D - Mal de Alzheimer;

E - Esclerose Múltipla.

<u>SINTOMAS</u>	<u>TRATAMENTO</u>	<u>CAUSAS</u>	<u>CROMOSSOMO / MUTAÇÃO GÊNICA</u>



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS

APÊNDICE 9 MÉDIA DAS NOTAS NAS AVALIAÇÕES
DIAGNÓSTICAS E SOMATIVAS

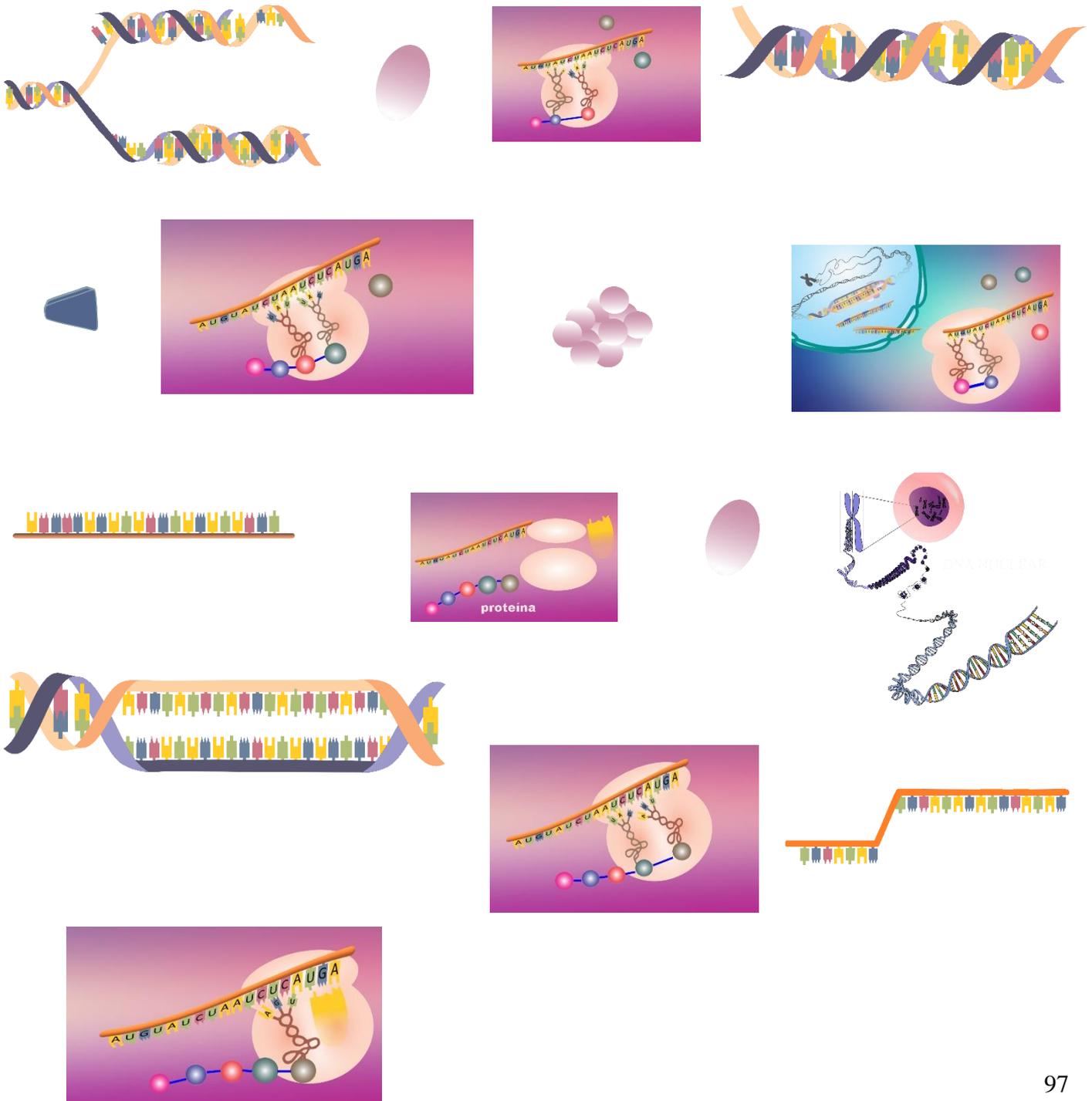
Alunos	Avaliação diagnóstica	Avaliação Somativa
A1	2,25	6,00
A2	3,40	7,00
A3	4,00	8,70
A4	1,00	6,50
A5	2,30	6,00
A6	2,00	8,40
A7	4,00	6,30
A8	3,70	8,75
A9	3,40	9,70
A10	2,50	9,50
A11	3,60	6,50
A12	2,60	8,50
A13	2,00	8,50
A14	2,40	2,00
A15	1,80	8,20
A16	0,00	5,20
A17	3,20	8,60
A18	3,30	8,70
A19	3,30	7,55
A20	3,00	7,30
A21	3,00	8,30
A22	2,30	7,80
A23	0,00	7,50
A24	2,40	8,20
A25	6,10	8,70
A26	3,00	8,70
A27	3,50	9,30



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS

APÊNDICE 10

Aqui está um kit para a montagem dos processos de e composição química das células, replicação transcrição e síntese proteica.





UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS

APÊNDICE 11

PERGUNTAS DE OPINIÃO SOBRE O PROJETO

1. Como você avalia a obtenção de conhecimentos referentes ao projeto de estudo sobre os assuntos apresentados de DNA, RNA, síntese proteica e mutação gênica.

2. Para você qual a relevância da utilização de uma ferramenta educacional como um software para auxiliar no processo de aprendizagem.

3. Em uma das aulas do projeto foi realizada a extração do DNA da banana, considerando esta atividade e as demais realizadas, como você consegue perceber a importância desse processo?

Obrigada pela participação!!!



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS

APÊNDICE 12

TABELA DE CÓDIGO GENÉTICO

CÓDIGO GENÉTICO												
Segunda base do códon												
Terceira base do códon												
Primeira base do códon												
	U			C			A			G		
U	UUU	Phe	UCU	Ser	UAU	Tyr	UGU	Cys	U	Terceira base do códon		
	UUC	Phe	UCC	Ser	UAC	Tyr	UGC	Cys			C	
	UUA	Leu	UCA	Ser	UAA	parada*	UGA	parada*			A	
	UUG	Leu	UCG	Ser	UAG	parada*	UGG	Trp			G	
	C	CUU	Leu	CCU	Pro	CAU	His	CGU	Arg		U	
		CUC	Leu	CCC	Pro	CAC	His	CGC	Arg		C	
		CUA	Leu	CCA	Pro	CAA	Gln	CGA	Arg		A	
		CUG	Leu	CCG	Pro	CAG	Gln	CGG	Arg		G	
	A	AUU	Ile	ACU	Thr	AAU	Asn	AGU	Ser		U	
		AUC	Ile	ACC	Thr	AAC	Asn	AGC	Ser		C	
		AUA	Ile	ACA	Thr	AAA	Lys	AGA	Arg		A	
		AUG	Met	ACG	Thr	AAG	Lys	AGG	Arg		G	
	G	GUU	Val	GCU	Ala	GAU	Asp	GGU	Gly		U	
		GUC	Val	GCC	Ala	GAC	Asp	GGC	Gly		C	
		GUA	Val	GCA	Ala	GAA	Glu	GGA	Gly		A	
		GUG	Val	GCG	Ala	GAG	Glu	GGG	Gly		G	

Abreviatura dos aminoácidos			
Phe=	fenilalanina	His=	histidina
Leu=	leucina	Gln=	glutamina
Ile=	isoleucina	Asn=	aspargina
Met=	metionina	Lys	lisina
Val=	valina	Asp=	ácido aspártico
Ser=	serina	Glu=	ácido glutâmico
Pro=	prolina	Cys=	cisteína
Thr=	treonina	Trp=	triptofano
Ala=	alanina	Arg=	arginina
Tyr=	tirosina	Gly=	glicina



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS

ANEXO 1

AVALIAÇÃO DO SOFTWARE

FUNCIONALIDADE E EFICIÊNCIA	OT	MB	BO	RE	RU
O software é preciso em realizar as funções propostas					
O software interage com os ícones especificados quando solicitados					
O tempo de resposta de execução de comando do software é adequado					
O software reage adequadamente quando ocorre falhas de execução da atividade					
O software informa ao usuário a entrada de dados inválidos					

USABILIDADE	OT	MB	BO	RE	RU
E fácil de entender o conceito e aplicação do software					
É fácil executar as funções do software					
É fácil aprender a usar					
É fácil de operar e usar					

AVALIAÇÃO DA INTERFACE E ADEQUAÇÃO DO PROGRAMA	OT	MB	BO	RE	RU
As informações dispostas nas telas são apresentadas de forma clara e agradável					
As telas são autoexplicativas ou favorecem ajuda para o seu uso					
Os significados das telas foram logo percebidos por você					
Os significados dos botões e regiões clicáveis foram logo percebidos por você					

Legenda: Ótimo (OT), Muito Bom (MB), Bom (B), Regular (RE) e Ruim (RU)

Fonte: Daniele Januário, 2017, com modificação.