

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DOCÊNCIA PARA A
EDUCAÇÃO BÁSICA
FACULDADE DE CIÊNCIAS – UNESP CAMPUS BAURU

ADRIANA NASCIMENTO DE JESUS

**O ENSINO DE BIOLOGIA NA EDUCAÇÃO BÁSICA: A SIGNIFICAÇÃO DE
CONCEITOS EM BIOLOGIA CELULAR E GENÉTICA**

BAURU

2023

ADRIANA NASCIMENTO DE JESUS

O ENSINO DE BIOLOGIA NA EDUCAÇÃO BÁSICA: A SIGNIFICAÇÃO DE
CONCEITOS EM BIOLOGIA CELULAR E GENÉTICA

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre à Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – Faculdade de Ciências, Campus de Bauru – Programa de Pós-graduação em Docência para a Educação Básica, sob orientação do Prof. Dr. Alexandre de Oliveira Legendre.

BAURU

2023

FICHA CATALOGRAFICA

N244e Jesus, Adriana Nascimento de
O ensino da biologia na educação básica: significação de
conceitos em biologia celular e genética / Adriana Nascimento de
Jesus. -- Bauru, 2023
62 p. + objeto educacional

Dissertação (Mestrado profissional – Docência para a Educação
Básica) – Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de
Ciências, Bauru
Orientador: Alexandre de Oliveira

1. Genética. 2. Síntese proteica. 3. Jogos. I. Título.

CÓPIA DA ATA



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Bauru



ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE ADRIANA NASCIMENTO DE JESUS, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DOCÊNCIA PARA A EDUCAÇÃO BÁSICA, DA FACULDADE DE CIÊNCIAS - CÂMPUS DE BAURU.

Aos 25 dias do mês de fevereiro do ano de 2023, às 08:30 horas, por meio de Videoconferência, realizou-se a defesa de DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de ADRIANA NASCIMENTO DE JESUS, intitulada "O ENSINO DE BIOLOGIA NA EDUCAÇÃO BÁSICA: A SIGNIFICAÇÃO DE CONCEITOS EM BIOLOGIA CELULAR E GENÉTICA" e produto educacional "Jogo da Síntese Proteica". A Comissão Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: Prof. Dr. ALEXANDRE DE OLIVEIRA LEGENDRE (Orientador(a) - Participação Virtual) do(a) Departamento de Química / Faculdade de Ciências UNESP Bauru, Profa. Dra. PATRÍCIA DA SILVA NUNES (Participação Virtual) do(a) IFSP Campus Presidente Epitácio, Profa. Dra. ELIANA MARQUES ZANATA (Participação Virtual) do(a) Departamento de Educação / Faculdade de Ciências de Bauru. Após a exposição pela mestranda e arguição pelos membros da Comissão Examinadora que participaram do ato, de forma presencial e/ou virtual, a discente recebeu o conceito final: APROVADO. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelo(a) Presidente(a) da Comissão Examinadora.

Prof. Dr. ALEXANDRE DE OLIVEIRA LEGENDRE



Documento assinado digitalmente
ALEXANDRE DE OLIVEIRA LEGENDRE
Data: 16/06/2023 13:06:41-0300
Verifique em <https://validar.jb.gov.br>

Dedico este trabalho a todas as pessoas que possuem
Transtorno Bipolar.

AGRADECIMENTOS

Meu caminho foi longo e difícil, não chegaria até aqui sem a ajuda e paciência de muitas pessoas, portanto, em primeiro lugar agradeço a Deus e aos meus amigos espirituais por terem colocados tantas pessoas compreensivas e acolhedoras na minha vida.

Agradeço minha família por serem meus maiores fãs e me apoiarem em cada etapa. Por cuidarem de mim quando eu mesma não consegui, e por continuarem cuidando, todos os dias, mesmo a distância. Mãe, Pai, Rose, Marcia, Orlando, eu amo vocês mais que tudo nessa vida. Um agradecimento especial a minha irmã Rose, essa jornada foi tão sua quanto minha, e nada disso seria possível sem você.

Ao Programa de Pós-Graduação em Docência para Educação Básica pela humanidade e carinho com a qual fui tratada. Agradecimento especial as professoras Eliana Zanata, Rita Melissa e Ana Caldeira que não mediram esforços para me incluir e me ajudar.

A Patrícia, por acreditar em mim e não desistir da nossa amizade.

Ao meu psicólogo, lury, que esteve comigo em todo o processo, e apesar de tentar ser neutro, não conseguiu quando o assunto era acreditar no meu potencial e na minha estabilidade.

Agradecimento especial ao meu orientador, Alexandre Legendre, que aceitou o desafio mesmo sabendo de todos os problemas. Me acolheu, me entendeu, encontrou uma forma de trabalho e sempre teve uma palavra amiga para os dias de crise, ou uma conversa engraçada só para deixar a ansiedade passar. Agradeço o presente que foi ter você nesse processo: obrigada.

RESUMO

Tópicos como clonagem, transgênicos, doenças genéticas, terapia gênica e afins fazem parte do currículo de biologia no ensino médio e estão presentes em nosso dia a dia. Além disso, esses temas são discutidos nas salas de aula por alunos de todas as idades. No entanto, pesquisas na área revelaram a lacuna que os alunos precisam superar entre o que é aprendido em sala de aula sobre genética e o que é vivenciado diariamente na sociedade. Essa dificuldade pode estar relacionada ao fato de os alunos não compreenderem conceitos básicos em biologia celular, o que dificulta seu aprendizado em genética. Com o avanço contínuo e crescente da ciência e da tecnologia, torna-se cada vez mais consensual a preocupação em repensar o ensino de Biologia com o objetivo de torná-lo mais significativo para a sociedade. Considerando que durante uma aula de síntese proteica, muitos conceitos da biologia podem ser trabalhados, significados e servir de base para o ensino de Genética, a proposta deste projeto de mestrado é criar um jogo que simule esse processo biológico. Estudos mostram que o uso de jogos didáticos no ensino de Ciências Biológicas é uma prática bem-sucedida, tornando a aprendizagem mais ativa e interessante. Esses jogos abordam conteúdos abstratos e de difícil compreensão de forma lúdica, ajudando os alunos a desenvolverem o raciocínio lógico e a exposição a ideias. A atividade possibilita a visualização dos processos de transcrição e tradução da síntese proteica, além de permitir que os alunos revisem ou aprendam sobre Biologia Celular/Molecular. O objetivo principal desse produto é colaborar no ensino e na compreensão dos conceitos básicos de biologia celular e genética. Ele foi projetado para atender ao maior número possível de escolas no Brasil, considerando as diferentes realidades do país. Para isso, foram utilizados materiais baratos, duráveis e uma técnica de fácil acesso, sem a necessidade de um espaço especial para uso. Quando se trabalha em uma escola sem laboratórios ou recursos, os jogos se tornam estratégias valiosas para que os estudantes compreendam parte desses conceitos abstratos.

Palavras-chave: Genética; síntese proteica; jogos.

ABSTRACT

Topics such as cloning, transgenics, genetic diseases, gene therapy and the like are part of the high school biology curriculum and are present in our daily lives. Furthermore, these topics are discussed in classrooms by students of all ages. However, research in the area has revealed the gap that students need to overcome between what is learned in the classroom about genetics and what is experienced daily in society. This difficulty may be related to the fact that students do not understand basic concepts in cell biology, which makes learning genetics difficult. With the continuous and increasing advancement of science and technology, the concern to rethink the teaching of Biology with the aim of making it more meaningful for society becomes increasingly consensual. Considering that during a protein synthesis class, many biology concepts can be worked on, given meaning and serve as a basis for teaching Genetics, the purpose of this master's project is to create a game that simulates this biological process. Studies show that the use of didactic games in teaching Biological Sciences is a successful practice, making learning more active and interesting. These games address abstract and difficult-to-understand content in a playful way, helping students develop logical reasoning and exposure to ideas. The activity allows the visualization of the transcription and translation processes of protein synthesis, in addition to allowing students to review or learn about Cellular/Molecular Biology. The main objective of this product is to help teach and understand the basic concepts of cell biology and genetics. It was designed to serve the largest possible number of schools in Brazil, considering the country's different realities. To achieve this, cheap, durable materials and an easily accessible technique were used, without the need for a special space for use. When working in a school without laboratories or resources, games become valuable strategies for students to understand part of these abstract concepts.

Keywords: Genetics; protein synthesis; games.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Resultados preliminares do projeto Genoma Humano divulgados na revista <i>Nature</i> , em 2001.....	18
Figura 2 - Capa da Revista Pesquisa Fapesp de Novembro/99.....	18
Figura 3 - Desenho da síntese proteica feita durante as aulas de biologia.....	33
Figura 4 - Primeiros desenhos do jogo.....	33
Figura 5 - Caixa do jogo, com destaque para a tampa e o desenho do cromossomo.....	34
Figura 6 - Caixa aberta visualizando molécula de DNA.....	34
Figura 7 - Aminoácidos e seus respectivos RNAt.....	35
Figura 8 - RNAm e ribossomo.....	35
Figura 9 - Transcrição do DNA em RNAm.....	36
Figura 10 - Novos modelos de aminoácidos.....	36
Figura 11 - RNAt e seu aminoácido, com destaque para o encaixe das duas peças.....	36
Figura 12 - Representações das proteínas produzidas em EVA na Caixa 1.....	38
Figura 13 - Representações das proteínas produzidas em EVA na Caixa 2.....	38
Figura 14 - Parte das orientações da Caixa 1.....	39
Figura 15 - Parte das orientações da Caixa 2.....	39
Figura 16 - Cariótipo humano (46,XY), destacando cromossomos em metáfase.....	40
Figura 17 - Cromossomo.....	40
Figura 18 - Nucleotídeos.....	41
Figura 19 - Detalhes do DNA.....	41
Figura 20 - Síntese de RNA mensageiro.....	42
Figura 21 - Síntese de RNA mensageiro utilizando os nucleotídeos.....	42
Figura 22 - Encaixe entre ribossomo e RNAm.....	43
Figura 23 - Primeira parte da tradução.....	43
Figura 24 - Segunda parte da tradução.....	43
Figura 25 - Terceira parte da tradução.....	43
Figura 26 - Proteínas produzidas a partir do DNA1 e DNA2.....	44

Figura 27 - Diferenças nos nucleotídeos das moléculas 1 e 2 de DNA.....	45
Figura 28 - Esquema da mutação que acarreta a patologia anemia falciforme.....	45
Figura 29 - Imagem original do Manual.....	47
Figura 30 - Alteração sugerida pelos estudantes.....	48
Figura 31 - Alteração na tabela de aminoácidos.....	48
Figura 32 - Comportamento do RNAt.....	49
Figura 33 - Proteína pronta.....	49

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	17
2	METODOLOGIA.....	23
2.1	TIPO DE PESQUISA.....	23
2.2	DESCRIÇÃO DO LOCAL DE PESQUISA.....	24
2.3	DESCRIÇÃO DOS PARTICIPANTES.....	24
2.4	PROCEDIMENTO PARA APLICAÇÃO DO PILOTO DO PRODUTO....	24
2.5	INSTRUMENTO PARA COLETA DE DADOS DA APLICAÇÃO.....	25
3	ASPECTOS TEÓRICOS E CONCEITUAIS.....	26
4	DELINEAMENTO DO PRODUTO.....	30
4.1	TÍTULO E RESUMO DO PRODUTO.....	30
4.2	PÚBLICO-ALVO.....	30
4.3	OBJETIVOS DO PRODUTO.....	30
4.4	JUSTIFICATIVA PARA CONSTRUÇÃO DO PRODUTO.....	30
4.5	DESCRIÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO.....	32
5	PROPOSTA DE INTERVENÇÃO COM O PRODUTO.....	38
6	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	47
6.1	O JOGO.....	47
6.2	QUESTÕES.....	50
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	53
	REFERÊNCIAS.....	55
	ANEXO.....	59
	ANEXO A – Orientações do jogo síntese proteica: Caixa 1.....	59
	ANEXO B – Orientações do jogo síntese proteica: Caixa 2.....	61

APRESENTAÇÃO

Meus sonhos de infância eram ser professora e cientista. Lembro-me, com clareza, de ter 6 anos de idade e brincando de escolinha e, claro, eu era a professora. Sempre desejava ser adulta para que aquela fosse minha realidade. Meu outro amor era a ciência. Minha mãe precisava ouvir por horas as descobertas que eu fazia nos livros de ciências que eu encontrava na escola ou nas enciclopédias que tínhamos em casa. Na 7ª série descobri que essa ciência tinha nome: Biologia. Desde então, ser bióloga se tornou o meu maior objetivo de vida.

Realizei meus sonhos de infância e são poucos os adultos que podem dizer isso. O caminho foi lento, segundo a convenção popular, isso porque minha graduação começou aos 22 anos e meu diploma de mestre chegará aos 40. Considero que não existem protocolos do que é o certo a seguir, então, sempre caminhei respeitando o meu tempo e fazendo as pausas que a vida me impôs.

Durante a graduação me envolvi com muitos projetos na Unesp/Bauru; adorava um projeto de extensão. Mas destaco a minha participação no Cursinho Popular Principia, onde iniciei minha carreira docente, o Ambulatório e Laboratório de Genética Humana e meu estágio no laboratório de genética da USP/Bauru. Eu estava sempre entre a educação e a genética.

Minha paixão pela genética é tão antiga quanto minha paixão pela biologia. Eu tinha muitos sonhos e desejos, e apesar de não ser uma grande fã de laboratório, amava fazer parte de tudo aquilo. Quando entrei em uma sala de aula pela primeira vez, tive certeza de que a vocação de infância era real. Meu plano era seguir o protocolo acadêmico: graduação, mestrado e doutorado. Resolvi fazer mestrado em genética. Acreditava que era o que estava mais próximo da minha formação, e graduada, assim o fiz. Não passei, mas continuei lecionando.

Bom, um ponto importante sobre a minha vida que se mistura com a minha trajetória acadêmica é o fato de possuir três doenças mentais (doença é uma palavra forte, mas é esse o termo): Transtorno Bipolar (TAB), Transtorno Obsessivo Compulsivo (TOC) e Ansiedade. Tenho desde os 15 anos, mas só fui diagnosticada aos 24 anos, no fim do meu segundo ano da faculdade, mas parei o tratamento no último ano. O TAB, entre outros sintomas, prejudica a memória, a concentração e reduz a capacidade cognitiva.

Depois de formada eu tive uma crise e voltei a fazer tratamento. Eu tinha prestado à prova de mestrado em genética pela segunda vez e reprovado. Eu continuava na docência, e tirando meu temperando impaciente, refletindo aqui, dar aula salvou minha vida muitas vezes...

O TAB é imensamente desgastante. Cansada, tentando equilibrar doença, trabalho e estudar para uma prova do mestrado, que, sendo sincera, eu realmente não queria tanto assim, fui desabafar com o meu psiquiatra. Falei que ia prestar a prova de mestrado e perguntei o que ele achava. Afinal, são fatos concretos aquilo que eu falei da memória, concentração, entre outras consequências, e eu ainda não estava estabilizada para saber se ficaria bem equilibrando tudo. A sua resposta foi simples e carregada de gentileza: "Mestrado não é para você. Procura uma pós-graduação EAD, você pode fazer as atividades no seu tempo".

Não sinto raiva dele, não sei o quanto isso influenciou, mas desisti do mestrado, e não consegui estabilizar. Uns anos depois eu larguei o tratamento. Meses depois, achei que estava curada.

Dediquei todo meu tempo à docência. Lecionei para o ensino fundamental, médio e pré-vestibular, em diversas instituições públicas privadas da cidade de Bauru e região. Alguns amigos sempre me indicavam o mestrado em educação, falando ser "a minha cara". Nada contra o mestrado acadêmico, sabemos da importância incontestável, mas não me via naquele lugar, não enquanto estava em uma sala de aula de periferia. Quando conheci o mestrado acadêmico percebi que aquele, sim, era para mim. Ouvir a professora Zanata falar na sua aula sobre o programa me fez entender a importância que eu carregava comigo. Fiz algumas matérias como aluno especial. "Namorei" o programa algumas vezes até ser aprovada no concurso do Instituto Federal de São Paulo. O novo emprego me dava a estabilidade e o tempo que eu queria. O projeto surge de uma aula para professoras. Aquele dia, mais uma epifania na minha vida.

Me matriculei no mestrado em março e, em abril, estava no psiquiatra com a maior crise de ansiedade que eu tinha tido na minha vida. Terceiro psiquiatra, mesmo diagnóstico. Eu me achando curada, descubro que tenho uma doença crônica, e que tinha passado tempo demais sem medicação. Fazer as disciplinas foi como andar de montanha russa repetidas vezes. Mas eu fiz. Veio a pandemia de coronavírus.

A pandemia foi cruel para todos. No meu caso é difícil mensurar os reais danos porque eu já estava doente. A única coisa que eu posso afirmar é que eu tentei me

isolar para fazer minha dissertação, e terminei sentada na casa dos meus pais, sendo cuidada por eles durante um ano.

O TAB parecia ter tirado de mim o que era mais precioso: minha mente! Compreender um texto, por mais simples que fosse, era uma luta. Por falar em luta, tudo era uma luta. Eu precisei me desprender de tudo que era importante e olhar só para mim. Me afastei do mestrado, e quando voltei, ganhei um novo orientador, alguém que compreende meus dias nublados ao mesmo tempo que sabe que sou mais que meus sintomas.

Concluir o mestrado é um alívio, mas quando eu olho para o meu produto e vejo o quanto sensacional ele é, me enche de orgulho, e o alívio, acaba sendo o menor dos meus sentimentos.

1 INTRODUÇÃO

Como ciência, a Genética surge em 1900, 34 anos após o trabalho de Mendel, *Versuche über Pflanzenhybriden* (Experimentos com plantas híbridas) ser redescoberto, e tem um crescimento vultoso ao longo do último século. Gregor Mendel (1822 - 1884) foi um monge austríaco que estudava como as características eram transmitidas dos genitores para sua prole. Ele desenvolvia experimentos entre variedades de ervilha, as cruzando entre si. Por exemplo, ele cruzava ervilhas verdes com ervilhas amarelas, e depois analisava como a prole desse cruzamento se comportava.

A partir dos seus resultados, Mendel propôs que as características, como a cor, são controladas por estruturas partículas (e não líquidas como se pensava na época), e as chamou de fatores. Atualmente, conhecemos esses fatores por genes. Também propôs que cada planta tinha duas cópias desses fatores (genes), entretanto, durante a reprodução, eles se dividiam, e os gametas (óvulos e espermatozoides) recebiam somente uma cópia. Ele apresentou outras percepções e postula duas leis, conhecidas atualmente como Leis de Mendel, e em 1866 publica seu trabalho que, sem grande expressividade, acaba esquecido. Em 1900, três botânicos, Hugo De Vries, Carl Correns e Erich Tschermak-Seysenegg, estudantes de hibridação, chegam a conclusões semelhantes e deparam com os trabalhos de Mendel; “a revolução genética havia começado” (GRIFFITHS *et al.*, 2016, p. 50).

No fim do século XIX ocorre a identificação dos cromossomos e em 1910 Thomas H. Morgan demonstrou que os genes estão localizados nos cromossomos. Durante a década de 50 a natureza química do DNA e sua função como molécula codificadora das informações genéticas foram descobertas, e também, James Watson e Francis Crick determinaram que o DNA forma uma dupla-hélice, o que rendeu a eles um Nobel em 1962.

Na década de 70, uma revolução acontece na ciência com a Teoria do DNA Recombinante, que “é um conjunto de técnicas moleculares para localizar, isolar, alterar e estudar segmentos de DNA. O termo recombinante é usado porque o objetivo é combinar o DNA de duas fontes distintas” (PIERCE, 2016, p. 791). Essa técnica foi empregada na produção de insulina artificial através da inserção do DNA humano na bactéria *Escherichia Coli*, tornando mais acessível o tratamento para diabetes. Como Pierce (2016) destaca, a biotecnologia surge como uma indústria inteira que

desenvolve novos produtos a partir das novas técnicas, em diversas áreas que incluem a medicina e a agricultura.

Em julho de 1996 clonávamos nosso primeiro animal: a ovelha Dolly. E em 2003 foi concluído um dos maiores projetos de pesquisa da atualidade: O Projeto Genoma Humano, onde o DNA humano foi identificado, mapeado e sequenciado. A genética ainda é uma ciência jovem, mas ocupa posição de destaque, e para alguns, até de comando em toda a biologia (SNUSTAD; SIMMONS, 2013). Avança com rapidez e é um dos campos com mais descobertas importantes, estampando capas de jornais ou revistas: “a finalização de outro genoma, como o da borboleta Monarca; a descoberta de genes que afetam doenças importantes, incluindo esclerose múltipla, depressão e câncer” (PIERCE, 2016, p. 36) (Figura 1).

Figura 1 - Resultados preliminares do projeto Genoma Humano divulgados na revista *Nature*, em 2001



Fonte: <https://www.todamateria.com.br/projeto-genoma/>. Acesso: 10/03/2023.

Figura 2 – Capa da Revista Pesquisa Fapesp de Novembro/99



Fonte: https://issuu.com/pesquisafapesp/docs/edi____o_48. Acesso: 10/03/2023.

Ainda, segundo Pierce (2013, p. 36) as “novas descobertas e usos da genética têm implicações econômicas e éticas importantes, tornando o estudo da genética relevante, oportuno e interessante”. A genética está no cotidiano. Nos alimentos, são os transgênicos. Na medicina, exames que podem identificar doenças, como o câncer, e auxiliar casais em suas escolhas reprodutivas. Exames de paternidades são tão populares que viraram atração em programas de TV. A pandemia do COVID-19 trouxe ao nosso cotidiano uma série de informações sobre a replicação do vírus, vacinas produzidas com RNAm, e que mutações do levam a novas variantes do vírus.

O que a ciência produz afeta a vida humana. Segundo Alves e Caldeira (2005, pag. 13).

Há [...] decisões que o indivíduo e a coletividade precisam tomar, muitas vezes apoiadas em conhecimentos cuja origem e compreensão fogem de suas possibilidades. É na escola, ambiente cultural apropriado, que se deve iniciar um processo que permita aos cidadãos obter informações e desenvolver a capacidade crítica.

O PCNEM (2007) prevê que o estudo da genética e seus conhecimentos básicos, como DNA e genes, são essenciais para que os alunos possam dominar conhecimentos biológicos, compreender e participar dos debates contemporâneos. Giacóia (2006) ressalta que conhecer genética não se limita a compreensão dos conceitos de cromossomos, DNA ou genes, mas entender como a vida no planeta funciona. Como área de conhecimento, a genética se desenvolve e evolui de maneira muito rápida, evidenciando a relevância do seu ensino e o “papel importantíssimo na formação do senso crítico e da capacidade de tomada de decisões importantes, estando diretamente relacionado à formação do cidadão e sua alfabetização científica” (CASAGRANDE, 2006, p.78).

Contudo, pesquisas na área do Ensino apontam grandes dificuldades no ensino de Biologia, com ênfase na Genética. Professores relatam que a disciplina está entre os conteúdos mais difíceis de se trabalhar, e que enfrentam uma batalha para que os alunos aprendam os conceitos de Biologia Molecular e Genética (VIVARINI; DUARTE, 2021). Termos básicos da Biologia Molecular (DNA, gene, cromossomo e alelo), são constantemente confundidos pelos alunos, que não conseguem os associar com os processos de divisão celular, síntese proteica e nem com a hereditariedade (TEMP; BARTHOLOMEI-SANTOS, 2014; MACHOVÁ; EHLER, 2021). Na aplicação das Leis de Mendel, os alunos terminam o ensino médio sem conseguir associar as letras,

utilizadas nos cruzamentos genéticos, aos genes. Muitos acreditam que as letras utilizadas (AA, Aa, aa) são apenas símbolos (MOURA *et al.*, 2013). A falta de tempo e a divisão da disciplina em dois anos letivos se apresentam como problemáticas no ensino, porém, os principais problemas relatados foram o vocabulário científico extenso e conceitos abstratos (PEREIRA, 2019; VIVARINI; DUARTE, 2021).

O ensino de genética faz parte do currículo de Biologia tanto na educação básica quanto no ensino superior. No ensino médio, o ensino é fragmentado. O ensino de genética tem uma estrutura bem cartesiana, tendo seus conteúdos normalmente divididos em dois anos letivos: Na 1ª série são aprendidos os conceitos básicos, como DNA, cromossomo, gene, expressão genica, mitose e meiose e na 3ª série o ensino da Genética Mendeliana Clássica (LEAL; MEIRELLES; RÔÇAS, 2019). Os livros didáticos tratam o conteúdo da 1ª série como Citologia, que não está incorreto, porém, com todo o avanço da genética, hoje a citologia acaba sendo a ciência destinada ao estudo da célula, e o conteúdo molecular, aqui relevante ao trabalho, é estudo da Biologia Molecular, base para o ensino de genética e de biotecnologia na 3ª série. Costa (2020, pag. 15) afirma que “ao chegar ao terceiro ano do ensino médio, sem a bagagem básica necessária da Genética Molecular, o processo do estudo e entendimento dos conceitos básicos da Genética Mendeliana estará comprometido”.

Existem discussões de que um ensino de Biologia Molecular e Genética no mesmo ano letivo possa favorecer a aprendizagem (LEAL; MEIRELLES; RÔÇAS, 2019), contudo, na prática não observamos acontecer. Então se faz necessário encontrar estratégias para sobrepujar esse e outros problemas, como o extenso vocabulário e a natureza abstrata dos conceitos. Machová e Ehler (2021) propõem como estratégia, o ensino de síntese proteica para os alunos quando forem ser apresentados aos princípios da hereditariedade, visto que, o processo esclarece como a informação genética contida no DNA é traduzido em característica (proteínas). As proteínas são moléculas presentes na constituição dos seres vivos, são enzimas, hormônios, moléculas de defesa, nutrição, entre tantas outras funções fundamentais para o funcionamento de um organismo.

A síntese pode explicar também o que são mutações e suas implicações, doenças genéticas e a engenharia genética, seu uso e aplicação na vida real. Portanto, utilizá-la como estratégia para o ensino de genética, ajuda o estudante a “compreender como as informações presentes no DNA determinam a produção de

proteínas e, conseqüentemente, das características de um ser vivo, as quais são transferidas de uma geração para outra” (SANTOS; GALEMBECK, 2016, p. 149).

Tópicos como clonagem, transgênicos, doenças genéticas, terapia gênica e afins, fazem parte do currículo de biologia no ensino médio, e estão no nosso dia a dia, além de serem suscitados nas salas de aulas por alunos de todas as idades. Contudo, pesquisas na área revelaram o abismo que os alunos precisam superar entre o que é aprendido em sala de aula sobre genética, com o que é vivenciado diariamente em sociedade (MOURA, 2013).

Essa dificuldade pode estar relacionada com o fato de os alunos não compreenderem conceitos básicos em biologia celular, dificultando seu aprendizado em genética. Com o avanço contínuo e crescente da ciência e da tecnologia, torna-se cada vez mais consensual a preocupação em se repensar o ensino de Biologia com o objetivo de melhor significá-lo na sociedade.

Considerando que durante uma aula de síntese proteica, muitos conceitos da biologia podem ser trabalhados, significados e servir de base para o ensino de Genética, a proposta de produto dessa dissertação de mestrado é um jogo que simula esse processo biológico. Estudos mostram que o uso de jogos didáticos no ensino de Ciências Biológicas é uma prática que torna a aprendizagem mais ativa e interessante, sendo seu uso bem-sucedido como ferramenta metodológica. Eles trabalham de forma lúdica conteúdos abstratos e de difícil compreensão, ajudando os alunos a desenvolverem o raciocínio lógico e a exposição a ideias.

O uso do jogo não deve ser utilizado para substituir a aula expositiva dialogada, mas sim para colaborar e complementar o que é trabalhado em sala de aula. Além dos aspectos cognitivos, eles trabalham aspectos sociais, favorecendo a socialização entre os alunos, entre o aluno e professor e a colaboração (GONÇALVES; KARASAWA, 2021; ALMEIDA; CARVALHO; PEREIRA, 2020).

O jogo é composto por uma caixa, que representa um cromossomo, e suas peças: uma molécula de DNA, RNAm, nucleotídeos, ribossomo, RNAt e aminoácidos. Por meio desse jogo, é possível ensinar conceitos fundamentais da biologia, incluindo cromossomo, DNA, gene, aminoácidos, mutações e alelos, além do processo de síntese de proteínas. Os alunos recebem uma folha com as instruções do jogo, e ao final, produzem duas proteínas. A atividade possibilita a visualização dos processos de transcrição e tradução da síntese proteica, além do aluno rever ou aprender da Biologia Celular/Molecular.

O objetivo principal do produto é colaborar no ensino e compreensão dos conceitos básicos de biologia celular e genética. Para alcançar esse objetivo, esta pesquisa está estruturada da seguinte maneira: no segundo capítulo, será complementada a metodologia utilizada para coleta e análise de dados. No terceiro capítulo, será apresentado o referencial teórico. No quarto capítulo, serão examinados os objetivos, a justificativa e o desenvolvimento detalhado do produto. No quinto capítulo, haverá uma descrição da aplicação do produto na sala de aula. Por fim, no sexto capítulo, serão desenvolvidas as considerações finais desta dissertação, consolidando os principais resultados e alcançados.

2 METODOLOGIA

2.1 TIPO DE PESQUISA

A metodologia de pesquisa escolhida foi a qualitativa. Segundo Strauss e Corbin (2008, p. 23) a pesquisa qualitativa é o “tipo de pesquisa que produz resultados não alcançados através de procedimentos estatísticos ou de outros meios de quantificação”. A metodologia qualitativa é uma abordagem de pesquisa que tem como foco a compreensão em profundidade dos fenômenos, por meio de técnicas de coleta e análise de dados que não se baseiam em medidas numéricas ou estatísticas. Dessa forma, a metodologia qualitativa se preocupa em entender como as pessoas percebem e interpretam o mundo e suas experiências.

São três, basicamente, os componentes a serem desenvolvidos na pesquisa qualitativa:

Primeiro, há os *dados*, que podem vir de várias fontes, tais como entrevistas, observações, documentos, registros e filmes. Segundo, há os *procedimentos*, que os pesquisadores podem usar para interpretar e organizar os dados. Eles geralmente consistem de *conceitualizar* e *reduzir* os dados, *elaborar* categoria sem termos de propriedades e dimensões, e [relacioná-los] por meio de uma série de declarações preposicionais. [...] Relatórios *escritos* e *verbais* são o terceiro componente. Eles podem ser apresentados como artigos em jornais científicos, em palestras (ex.:conferências) ou em livros (STRAUSS; CORBIN, 2008, p. 23).

Existem diversos tipos e técnicas distintas para realizar pesquisas qualitativas. A técnica utilizada nesse trabalho para testar a aplicabilidade e funcionalidade do produto foi um estudo piloto. Segundo Bailer, Tomitch e D'Ely (2011, p. 130 apud MACKEY; GASS, 2005) “o estudo piloto é um teste, em pequena escala, dos procedimentos, materiais e métodos propostos para determinada pesquisa”.

O estudo piloto é muito indicado para os estudos experimentais ou quase-experimentais por revelar possíveis falhas nos projetos, o que torna uma etapa importante tanto no momento do delineamento quanto na sua implementação (ZACCARON; D'ELY; XHAF AJ, 2018). No contexto social da pesquisa, o estudo piloto contribui através das trocas de experiências “da interação com os enunciados produzidos pelas inúmeras vozes que compõem esse cenário” (DANNA, p. 7, 2012).

Nesse movimento analítico, pode-se afirmar que o teste piloto se consolida como uma estratégia metodológica e dialógica em pesquisas qualitativas na área da educação, por possibilitar que o pesquisador participe de uma prática social que envolve a leitura e a escrita e em que os sujeitos assumem diferentes posições sociais de acordo com os objetivos dessa atividade discursiva. (DANNA, p. 7, 2012)

Canhota (2008) estabelece que o número de pessoas envolvidas na pesquisa deve ser entre 10 e 20 pessoas e que os resultados apresentados são úteis nas indicações que apresentam. Contudo, como base estatística, pode não ser totalmente confiável. As mudanças e as adequações feitas a partir do estudo piloto “são muito úteis para outros pesquisadores que se propõem a avançar com projetos que utilizam metodologias e instrumentos de coleta de dados semelhantes” BAILER; TOMITCH; D'ELY, p. 144, 2011).

2.2 DESCRIÇÃO DO LOCAL DE PESQUISA

O piloto do produto foi aplicado em uma instituição pública da cidade de Boituva.

2.3 DESCRIÇÃO DOS PARTICIPANTES

Os participantes do piloto são alunos da primeira série do ensino médio, na faixa etária dos 15 anos.

2.4 PROCEDIMENTO PARA APLICAÇÃO DO PILOTO DO PRODUTO

Os estudantes foram convidados a participar da atividade, e ela ocorreu em duas salas diferente. Em uma das salas participaram 8 alunos, na outra 9. Em cada sala as turmas foram divididas em dois grupos, cada grupo contendo em média 5 pessoas. Antes de iniciar o jogo, cada estudante deveria responder três questões sobre a temática:

1. Qual a relação entre cromossomo e DNA?
2. O que é gene? E qual sua relação com as proteínas?
3. O que é uma mutação?

Após responderem as questões, iniciamos a leitura das instruções (anexos A ou B) e atividade. Com a conclusão do jogo, uma discussão foi feita com todos para avaliar a atividade, tirar dúvidas e analisar as aplicações possíveis da prática. Por fim, eles responderam novamente as mesmas questões, agora com uma nova perspectiva.

2.5 INSTRUMENTO PARA COLETA DE DADOS DA APLICAÇÃO

Para coletar as informações sobre o conhecimento de alguns conceitos básicos, foi realizado um questionário com três perguntas ao início e fim do jogo. A avaliação do jogo e das instruções foram feitas pelos alunos durante a atividade e suas observações anotadas pela pesquisadora.

3 ASPECTOS TEÓRICOS E CONCEITUAIS

O ensino de biologia promove ao aluno o contato com processos biológicos, possibilita que seus conhecimentos sejam assimilados e aprofundados e, por fim, permite a compreensão de como eles podem contribuir na construção de tecnologias e produtos que impactarão suas vidas e da sociedade como um todo. Contudo, Moura *et al.* (2013, p. 168) destaca que, apesar do ensino público brasileiro incluir no seu currículo as inovações científicas e tecnológicas, “grande parte dos alunos não contextualiza o ensino de biologia, com destaque aos conteúdos de genética, que se tem na escola com a sua realidade”.

A problemática da educação no Brasil é uma realidade causada por diferentes origens: precarização na formação dos docentes, carga horária de trabalho elevada, alunos com dificuldade de aprendizado, livro didático como único instrumento de ensino, dificuldade em aplicar conceitos abstratos como os abordados em genética, vocabulário extenso, falta de aulas práticas e contextualizadas (MOURA *et al.*, 2013; VIVARINI; DUARTE, 2021). A escola é local de produção de conhecimento e da formação de um cidadão crítico, mas, mesmo garantindo que os jovens tenham acesso e permanência, esta não “tem garantido esse perfil de cidadão, fato este grandemente verificado quando se avalia o ensino de biologia e a formação da consciência crítica” (MOURA *et al.*, 2013, p. 168).

Vacinas, testes genéticos, vírus de DNA e RNA, células-tronco, alimentos transgênicos, edição de genes, são exemplos de como a genética está presente no nosso cotidiano e, para que seja possível entender essas tecnologias e usufruí-las da melhor forma, além de poder debater sobre o assunto, se faz necessária a apropriação de conceitos como DNA, cromossomo e gene. Entre os temas abordados pela biologia no ensino médio, a genética é um dos que mais exigem dos alunos uma gama de conhecimentos prévios e amplo vocabulário.

Presença constante na mídia, os meios de comunicação popularizaram a ciência, porém, de forma superficial, sem o comprometimento com a educação científica do seu público, influenciando nas concepções espontâneas dos estudantes sobre genética; estes chegam à escola com termos como DNA e mutação como parte do seu vocabulário, mesmo antes da escola apresentá-los. Contudo, estudos mostram que a escola pouco consegue ajudar a alterar as ideias prévias apresentadas e, quando formados, os jovens confundem conceitos e não conseguem fazer a

correlação entre o que foi apreendido com as questões presentes no dia a dia (VIVARINI; DUARTE, 2021).

Conforme Temp e Bartholomei-Santos (2014, p. 365), “diversos estudos mostram que os alunos confundem conceitos interrelacionados ou não conseguem fazer a relação correta entre eles”. Gene, genoma e genótipo por muitos são vistos como sinônimos, para outros, apesar de ambos serem encontrados no núcleo, DNA e cromossomo não se relacionam.

Em uma pesquisa realizada com 452 alunos de um pré-vestibular, oriundos do ensino médio regular de escolas públicas do município de Petrópolis/RJ, constatou-se que “existe uma defasagem significativa no ensino de Genética e Biologia Molecular”, uma superficialidade nas respostas dadas pelos discentes, algo “incompatível com o desenvolvimento do raciocínio lógico científico e abrangente para o sucesso das respostas corretas em diversificadas questões de Biologia e nas discussões críticas das Ciências Biológicas no desenvolvimento atual da sociedade” (VIVARINI; DUARTE, 2021, p. 8).

Paiva e Martins (2005) realizaram uma pesquisa com três turmas do terceiro ano do ensino médio de uma escola técnica federal. Os estudantes apresentaram dificuldades no aprendizado da genética, e confusão por conta da quantidade de informações apresentadas. A funcionalidade do material genético é outro problema apresentado e sua estrutura, organização e função, são conceitos que necessitam ser desenvolvidos. E como apresentando em outros trabalhos, há também dificuldade de relacionar os conhecimentos científicos com assuntos do cotidiano. Em outro estudo também realizado com alunos do terceiro ano do ensino médio, Fabrício *et al.* (2006), verificou-se que os entrevistados não associavam os genes as leis mendelianas, e que as letras usadas representavam apenas símbolos e não alelos.

Estudantes do último ano do ensino médio do noroeste do Paraná foram avaliados quanto a composição química e função do DNA, além da relação do DNA, cromossomo e genes. Os resultados mostraram que alguns estudantes associaram corretamente o DNA ao núcleo das células e a constituição dos cromossomos, porém, outros julgaram que cromossomos são células, além de não localizarem o DNA e o gene, e que “o gene é constituído de cromossomos”. Para outros, o DNA é algum “tipo de sangue”. As concepções erradas ou distorcidas podem indicar em muitos casos que o aluno incluiu ao seu vocabulário os termos, mas não necessariamente o

conceito, “apresentando um entendimento ainda não elaborado” (PEDRANCINI *et al.*, 2007, p. 304).

Os principais motivos que dificultam a aprendizagem significativa de conceitos e processos biológicos residem no ensino fragmentado e conservador, a reboco da ciência do século XIX, restringindo o aluno a cumprir tarefas repetitivas, sem sentido ou significado, valorizando somente a reprodução do conhecimento e, conseqüentemente formando apenas repetidores (PEDRANCINI *et al.*, 2007, p. 305).

A sala de aula é um ambiente de grande diversidade, seja ela cultural, religiosa, social, de necessidades diferenciadas de aprendizagem, entre tantas outras. Com isso, o professor precisa estar atento em cultivar em seus alunos “atitudes e habilidades criativas, o que desenvolve o aprimoramento individual e social continuado” (VIVARINI; DUARTE, 2021, p. 4). O professor pode fazer uso de atividades lúdicas para diversificar suas aulas. Segundo Campos, Bortolo e Felício (2002), essas atividades deixam os alunos entusiasmados, por conta da forma interativa e divertida que trabalham, o que resulta em uma apropriação dos conceitos e na aprendizagem significativa dos conhecimentos.

O uso de jogos didáticos é uma alternativa viável por possibilitar que o professor trabalhe assuntos complexos de forma lúdica e divertida. Além disso, promove competências socioafetivas como a socialização, o trabalho em grupo e o afeto (OLIVEIRA *et al.*, 2016). Os jogos acabam preenchendo as lacunas deixadas por outros métodos de ensino, construindo “conhecimentos novos e mais elaborados” (CAMPOS; BORTOLOTO; FELÍCIO, 2002, p. 47). Segundo Kishimoto (1996 apud CAMPOS; BORTOLOTO; FELÍCIO, 2002, p. 48) “o jogo não é o fim, mas o eixo que conduz a um conteúdo didático específico, resultando em um empréstimo da ação lúdica para a aquisição de informações”.

No ensino de ciências, os jogos são amplamente usados como metodologias alternativas às aulas expositivas, como estratégia de aumentar o interesse dos alunos pelo que está sendo ensinado e favorecer uma aprendizagem significativa. Essa atividade desenvolve, também, a capacidade cognitiva e promove o acesso ao conhecimento científico. A utilização dos jogos didáticos na sala de aula “são considerados ferramentas ideais da aprendizagem, estes fazem a aproximação do conteúdo, antes abstrato, com a realidade do aluno, trazendo-o a refletir e fazer a ligação do material trabalhado com a sua vivência” (OLIVEIRA, 2016, p. 2).

A utilização do lúdico estreita a relação entre o docente e o estudante, facilitando a construção de um diálogo, e incentivando até mesmo que os alunos que antes não participavam das aulas, até mesmo venham a tirar dúvidas. Apesar do seu uso não ser recente, muitos professores não fazem uso de jogos lúdicos, portanto, a proposta desse trabalho é resgatar uma estratégia de ensino simples, com grandes potenciais, e desenvolver um jogo, utilizando materiais de fácil acesso, a fim de desenvolver habilidades e favorecer a significação de conceitos em genética.

4 DELINEAMENTO DO PRODUTO

4.1 TÍTULO E RESUMO DO PRODUTO

O título do jogo é Síntese Proteica. Trata-se de um jogo interativo que simula o processo da síntese de proteína. É composto por uma caixa, que é um cromossomo, contendo: uma molécula de DNA, RNA mensageiros, RNA transportadores com seus aminoácidos, ribossomo e nucleotídeos. Os estudantes recebem uma caixa e uma folha com as orientações da atividade (Anexos A e B). Nessa folha constam as sequências nucleotídicas dos genes, e, a partir delas, são produzidas as proteínas. São duas caixas diferentes, cada uma com dois genes. Essa atividade permite trabalhar com conceitos de cromossomo, DNA, gene, a própria síntese de proteína, mutações, e as variações de um mesmo gene, os alelos.

4.2 PÚBLICO-ALVO

O jogo é destinado a estudantes do ensino médio. A escolha desse público-alvo ocorreu por conta da temática estar incluída nos componentes curriculares de biologia do ensino médio.

4.3 OBJETIVOS DO PRODUTO

Geral:

O objetivo do jogo é colaborar no ensino e significação dos conceitos básicos de biologia celular e genética.

Específico:

- Auxiliar no ensino do processo da síntese proteica.
- Significar conceitos como DNA, cromossomos, genes e alelos.
- Auxiliar na discussão nos temas relacionados a engenharia genética e mutações.
- Tornar o ensino de biologia interativo, divertido e lúdico.

4.4 JUSTIFICATIVA PARA CONSTRUÇÃO DO PRODUTO

Estudos expõem as dificuldades que os estudantes apresentam em relacionar os conceitos de genética, confundindo, por exemplo, gene com genótipo, e mesmo após a conclusão do ensino médio, muitos ainda acreditam que o DNA só está presente em células animais (TEMP; BARTHOLOMEI-SANTOS, 2014). Ao longo da minha carreira na área da educação, constantemente me deparei com alunos da primeira série do ensino médio imaturos para compreender conceitos básicos como cromossomo, DNA, genes e alelos, e de que forma todos eles dão origem às nossas características biológicas. Observo também, alunos da terceira série do ensino médio que não conseguem relacionar o que foi aprendido em séries anteriores com a Genética Mendeliana, além de não compreender o que as letras nos cruzamentos representam.

Uma questão inerente ao ensino de Genética, dada a escala microscópica do material genético, é o uso de um recurso pedagógico conhecido como analogia para ensinar, por exemplo, as leis mendelianas, em que os alelos e os cromossomos são geralmente representados por letras, como por exemplo: "X", "Y", "A", "a", "B" e "b". Este recurso pedagógico, embora importante no processo de ensino-aprendizagem, muitas vezes pode prejudicar o entendimento acerca do fenômeno biológico estudado e o estabelecimento de relações com outras áreas dentro das Ciências Biológicas pelos discentes (SANTOS; SILVA; FRANCO, 2015, pag. 977).

Inicialmente, a proposta deste projeto era a apresentação de um produto para a construção de um ambiente virtual de aprendizagem, direcionado aos estudantes do Ensino Médio para auxiliar no ensino sobre Genética, discutindo e significando os tópicos relacionados ao seu cotidiano.

O projeto, apesar de utilizar uma linguagem atrativa para os jovens, possuía alguns problemas de execução e manutenção pois, para ser construído, fosse esse ambiente virtual, um site ou aplicativo, seria necessária mão de obra externa, o que implicaria em custo no projeto durante a criação e sempre que necessária sua manutenção. E, como a proposta era relacionar assuntos do cotidiano com conceitos da biologia, esse ambiente estaria sempre em constante atualização. Portanto, concluímos que a apresentação do produto era inicialmente viável, mas a essência e o ideal do projeto poderiam ser perdidos com o tempo por conta dessa problemática das atualizações.

De acordo com a Base Comum Curricular, os livros de biologia, tradicionalmente, apresentam os conteúdos de biologia celular no primeiro ano do ensino médio e o de genética no terceiro ano, respectivamente (FABRICIO *et al.*,

2006). Com essa questão em mente, o segundo projeto foi o desenvolvimento de uma sequência didática e uma apostila com o intuito de que os conteúdos se relacionassem de maneira mais dinâmica.

Novamente encontramos obstáculos pois propor uma sequência didática implica em sugerir uma alteração no currículo e, no Ensino Médio, a nova Base Nacional Comum Curricular (BNCC) foi implementada recentemente, em 2017. Os Institutos Federais poderiam se beneficiar desse material, porém, muitos também já haviam passado pela reestruturação curricular. Mesmo com a apostila parcialmente pronta, por conta de todas as questões apresentadas, resolvemos modificar o produto e fazer algo manual, que trabalhasse os conceitos de genética pensados inicialmente.

Partindo da minha análise particular e minha experiência em campo como professora de biologia, o objetivo era produzir um produto que colaborasse na significação dos conceitos de biologia celular, molecular e genética. Sem o conhecimento desses conceitos, o aprendizado fica comprometido, dificultando o entendimento de, por exemplo, o que são transgênicos ou clonagem.

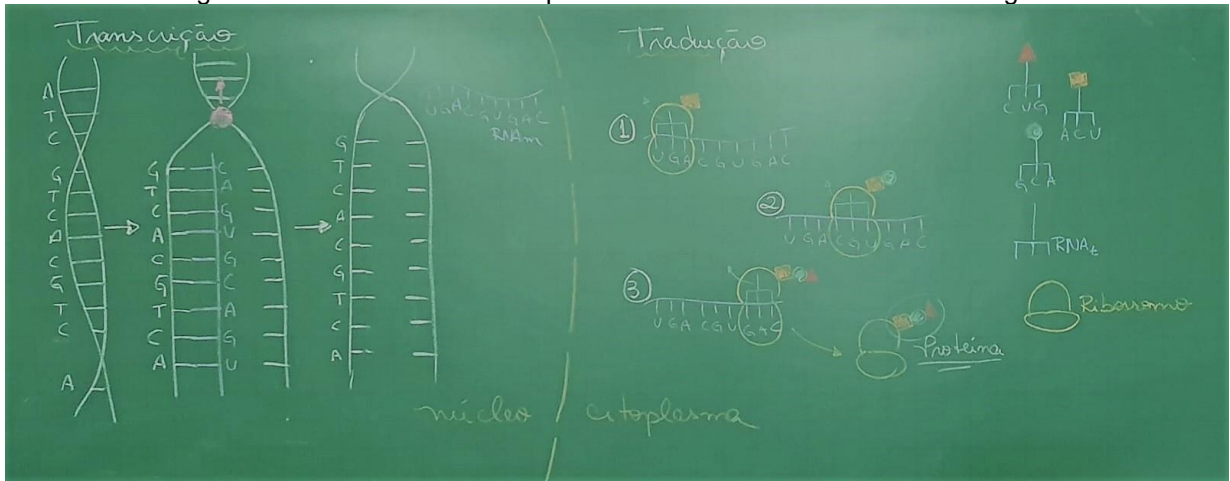
4.5 DESCRIÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO

Todo o conceito deste jogo foi pensado para que fosse o mais acessível possível. Primeiramente pensamos no material: precisava ser algo barato, funcional e de fácil reprodução. Com a difusão dos Laboratórios Maker¹, as máquinas de corte a laser e o preço acessível do MDF, resolvemos que nosso produto seria produzido utilizando este material.

O jogo representa o processo da síntese proteica (transcrição e tradução) e foi baseado no desenho que faço na lousa durante as minhas aulas sobre essa temática (Figura 3).

¹ Laboratórios Makers são espaços compartilhados dentro de escolas e universidades, voltados para o desenvolvimento de projetos. Alunos transformem a teoria em prática, com criações e ideias construídas de forma rápida e barata. A proposta é oferecer ferramentas, como máquina de corte a laser, impressora 3d, computadores etc.

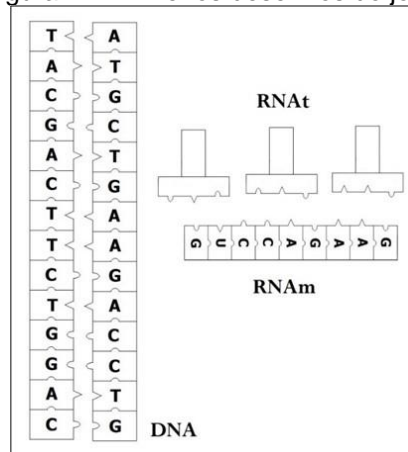
Figura 3 – Desenho da síntese proteica feita durante as aulas de biologia.



Fonte: elaborado pela autora (2022)

Os desenhos do DNA, RNAm e RNAt (figura 4) foram os primeiros a serem feitos e cujos cortes foram testados. Como as imagens foram feitas no programa Paint do Windows®, as peças do jogo não conseguiam se encaixar. Além disso, a partir desse primeiro protótipo, outras questões surgiram: como representar em MDF o cromossomo? Como inserir o ribossomo e desenhá-lo? Quantos nucleotídeos e genes teriam na molécula de DNA?

Figura 4 – Primeiros desenhos do jogo.



Fonte: elaborado pela autora (2022)

Os desenhos para as peças do segundo protótipo foram feitos no programa CorelDraw® e, com isso, os problemas de encaixes foram solucionados. As imagens geradas nos dois programas são visualmente iguais, a diferença se apresenta quando as peças são cortadas. Sendo o CorelDraw® um software para design gráfico os detalhes ficam mais precisos, refletindo em peças mais detalhadas. Nessa segunda

amostra também foram testados os ribossomos e as possibilidades de tornar o jogo adaptado para a linguagem em braile.

Ribossomo criado e testado, faltava o cromossomo. Como um dos problemas centrais é que os alunos não distinguem cromossomo e DNA, foi criada uma caixa para armazenar as peças do jogo que compõem o DNA e as demais peças. Nessa concepção, a própria caixa do DNA faz a vez do cromossomo. Na tampa está grafado o desenho de um cromossomo (figura 5) e, ao abrir a tampa, encontra-se a molécula de DNA (figura 6).

Figura 5 - Caixa do jogo, com destaque para a tampa e o desenho do cromossomo.



Fonte: elaborado pela autora (2022)

Figura 6 - Caixa aberta visualizando molécula de DNA.



Fonte: elaborado pela autora (2022)

Quatro modelos de caixas foram testados até chegar ao modelo final. Tamanho e método de montagem das mesmas foram os critérios utilizados na escolha, pensando sempre na possível replicagem desse produto por qualquer profissional da educação.

A terceira parte do protótipo foi a produção dos aminoácidos. Escolhi fazê-los em EVA colorido, utilizando figuras geométricas circulares (figura 7), porém, no projeto final, constará um arquivo com os aminoácidos em MDF, para escolha do professor.

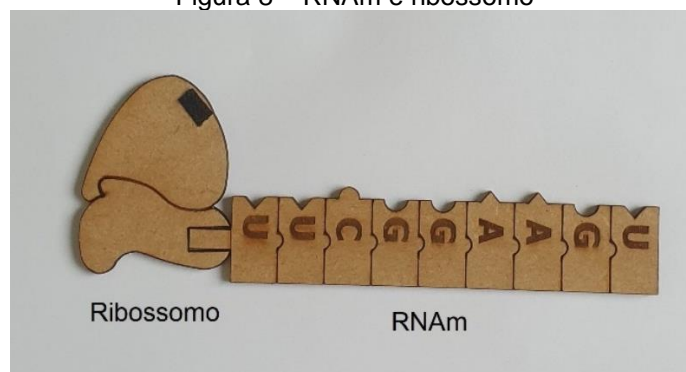
Figura 7 – Aminoácidos e seus respectivos RNAt



Fonte: elaborado pela autora (2022)

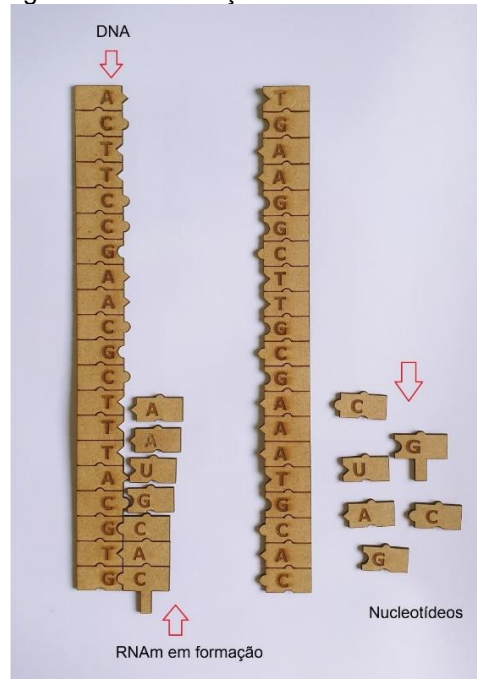
Nessa fase também foram corrigidos os erros na sequência do DNA e delimitadas as quantidades de genes. Para o RNAm foram propostas duas possibilidades: um já montado com sua sequência de códons (figura 8) e outro, seria montado com nucleotídeos individualizadas (figura 9). O modelo do Ribossomo (figura 8) foi testado e escolhido, além da mudança no padrão geométrico dos aminoácidos (figura 10 e 11).

Figura 8 – RNAm e ribossomo



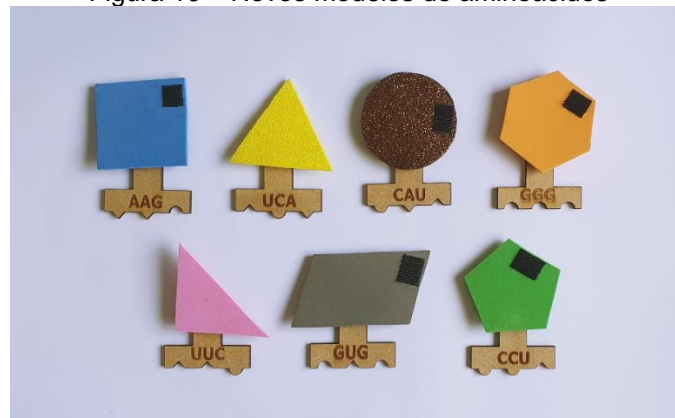
Fonte: elaborado pela autora (2022)

Figura 9 – Transcrição do DNA em RNAm



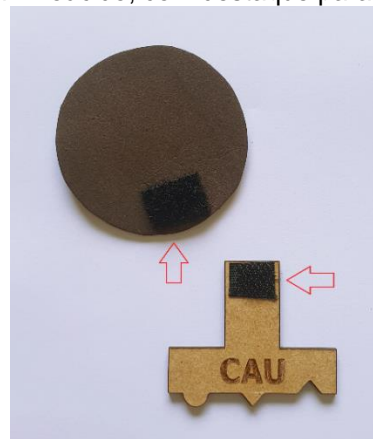
Fonte: elaborado pela autora (2022)

Figura 10 – Novos modelos de aminoácidos



Fonte: elaborado pela autora (2022)

Figura 11 – RNAt e seu aminoácido, com destaque para o encaixe das duas peças



Fonte: elaborado pela autora (2022)

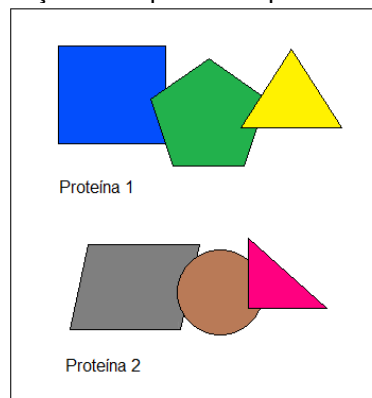
Como dito anteriormente, o produto ainda está em fase de adequação para a linguagem em braile. Espaços foram deixados no desenho da peça DNA para a escrita. Os aminoácidos apresentam diferentes formatos, assim como cada peça da caixa. Contudo, serão necessários ajustes no RNAt e nas orientações.

5 PROPOSTA DE INTERVENÇÃO COM O PRODUTO

A apresentação do projeto ocorre da seguinte forma:

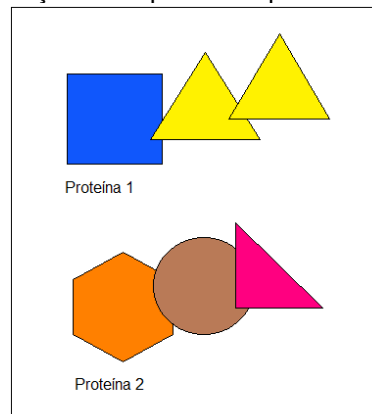
- Serão duas caixas diferentes. Metade da sala deve receber a **Caixa 1** e, a outra metade, a **Caixa 2**;
- Cada caixa contém um jogo, cuja finalidade é a produção de duas proteínas.
- As Caixas 1 e 2 produzem proteínas diferentes e, dessa forma, os alunos podem interagir entre eles e compararem as informações (figuras 12 e 13);
- Os estudantes devem estar organizados em grupos de quatro ou cinco;
- Cada grupo recebe uma folha com orientações (anexos A e B) quanto à atividade, aos genes e aos aminoácidos (figuras 14 e 15);
- Após a leitura da folha orientativa, a atividade pode ser realizada;
- Com os resultados em mãos, o professor pode iniciar uma discussão com os alunos.

Figura 12 – Representações das proteínas produzidas em EVA na Caixa 1



Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Figura 13 – Representações das proteínas produzidas em EVA na Caixa 2









Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Figura 14 – Parte das orientações da Caixa 1

CAIXA 1

- Gene 1 (5' -> 3'): ACTTCCGAA
- Gene 2 (5' -> 3'): CTTTACGTG







AMINOÁCIDO	
Lis (Lisina)	
Ser (Serina)	
His (Histidina)	
Gli (Glicina)	
Val (Valina)	
Phe (Fenilalanina)	

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Figura 15 – Parte das orientações da Caixa 2

CAIXA 2

- Gene 1 (5' -> 3'): ACTTCTGAA
- Gene 2 (5' -> 3'): CTTTACGGG

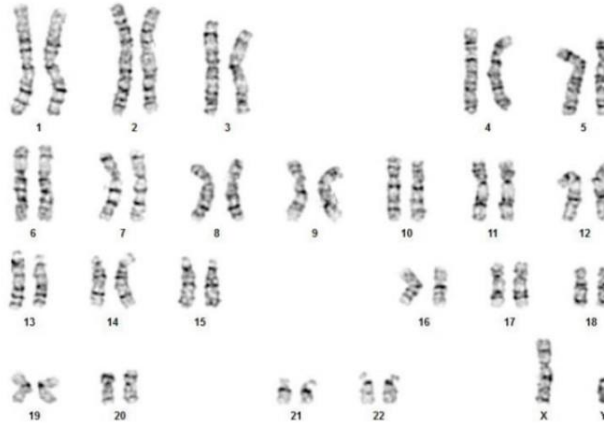
AMINOÁCIDO	
Lis (Lisina)	
Ser (Serina)	
Pro (Prolina)	
Ser (Serina)	
Val (Valina)	
Phe (Fenilalanina)	

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

A atividade começa com a própria caixa, que tem em sua tampa o desenho de um cromossomo em metáfase (figura 16); dentro, encontra-se a molécula de DNA. A ideia é que o estudante, sozinho ou com a ajuda do professor, compreenda que o DNA está contido no cromossomo. Segundo Brown (2009, p. 315) cromossomos são “estruturas, compostas de DNA e proteína, encontradas nos núcleos eucarióticos e que levam a maior parte dos genes da célula” (figura 17). Muitos alunos acreditam que

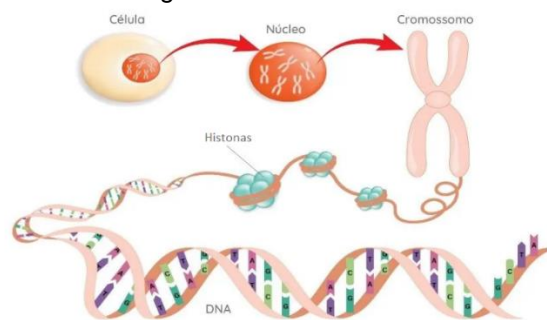
DNA e cromossomo são estruturas nucleares distintas (TEMP; BARTHOLOMEI-SANTOS, 2014).

Figura 16 – Cariótipo humano (46,XY), destacando cromossomos em metáfase.



Fonte: <https://citogene.com.br/blog/o-que-e-exame-de-cariotipo/>. Acesso em: 12/03/2023

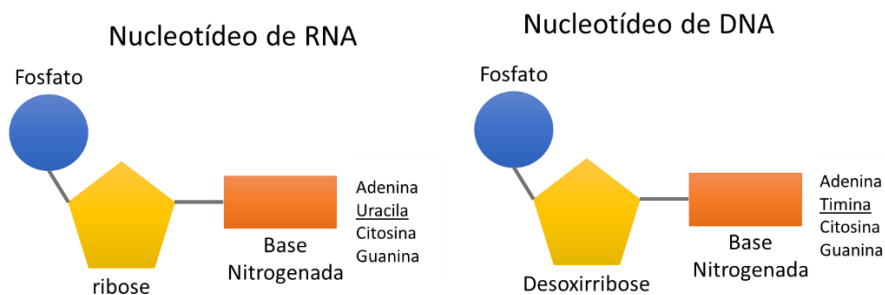
Figura 17 – Cromossomo



Fonte: Site Brasil Escola. Disponível: <https://brasilecola.uol.com.br/biologia/aberracoes-cromossomicas.htm>. Acesso em: 10/01/2023

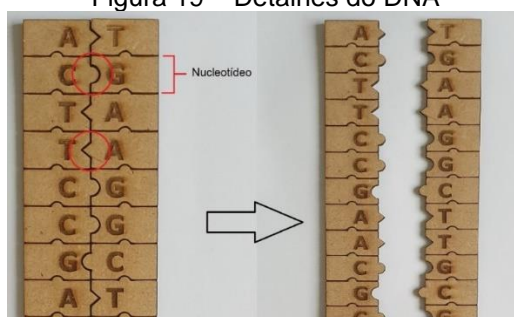
As duas peças que compõem o DNA não estão detalhadas, mas apresentam a estrutura molecular do nucleotídeo, que é composto por um grupo fosfato, uma pentose e uma base nitrogenada (figura 18). Contudo, somente as letras A, T, C e G (correspondentes às bases adenina, timina, citosina e guanina, respectivamente) estão destacadas, e as fitas se unem pelas bases nitrogenadas, seguindo o padrão de adenina se ligar com timina e citosina com guanina (figura 19).

Figura 18 – Nucleotídeos



Fonte: <https://www.resumov.com.br/biologia/biologia-molecular/acidos-nucleicos-dna/>. Acesso em: 13/03/2023.

Figura 19 – Detalhes do DNA



Fonte: Elaborado pela autora (2022)

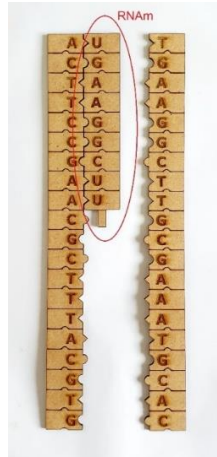
A próxima etapa é localizar o gene e iniciar a síntese proteica. O conceito de gene é complexo, e pode variar de acordo com o contexto de uso. Para o uso na genética no ensino médio, adotamos o conceito de que o gene é um “fator herdado que determina uma característica” (PIERCE, 2016). Ao nível molecular, é uma sequência de DNA que é transcrita em uma molécula de RNA que poderá orientar a síntese de uma proteína. Localizado o gene, os alunos iniciam a síntese proteica: a primeira etapa é a transcrição do DNA em RNAm, e a segunda etapa é a tradução do RNAm em uma proteína.

No jogo, a síntese proteica passa pelas seguintes etapas:

1. Transcrição do gene: para o gene 1, a fita de RNAm já está pronta (figura 20); já para o gene 2, os alunos deverão construir utilizando os nucleotídeos individuais (figura 21), todavia, se os alunos quiserem montar o RNAm nas duas etapas, não há inconveniente. É importante verificar e orientar os estudantes sobre o uso correto da base nitrogenada uracila no lugar da base timina, visto que os encaixes são os mesmos e o erro pode acontecer.
2. Tradução: RNAm possui um encaixe para se fixar ao ribossomo (figura 22), e ele indica o local de início da leitura da fita de RNA.

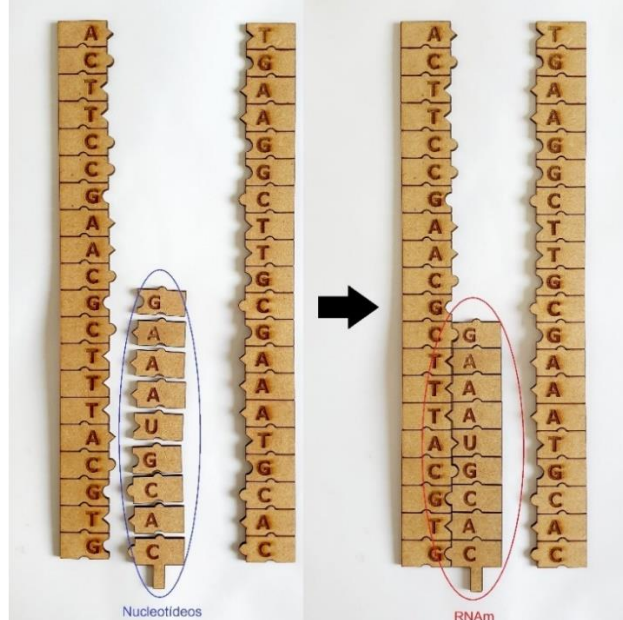
3. O RNAm é lido três bases por vez, o que corresponde a um códon. Cada códon tem um anticódon correspondente no RNAt.
4. Cada RNAt está ligado a um aminoácido, que o leva até o ribossomo. O RNAt se liga ao RNAm e o aminoácido que ele carrega se desprende e fixa-se no ribossomo. Isso é feito um RNAt por vez, até a leitura de todos os códons (figuras 23, 24 e 25).

Figura 20 – Síntese de RNA mensageiro



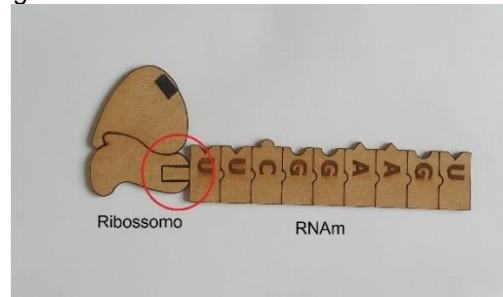
Fonte: elaborado pela autora (2022)

Figura 21 – Síntese de RNA mensageiro utilizando os nucleotídeos



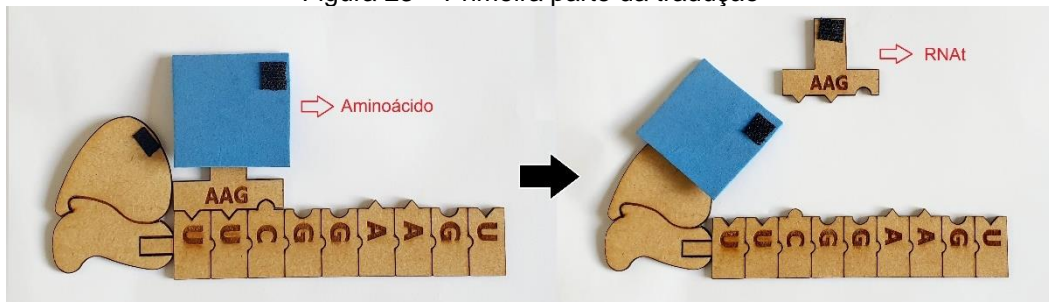
Fonte: elaborado pela autora (2022)

Figura 22 – Encaixe entre ribossomo e RNAm



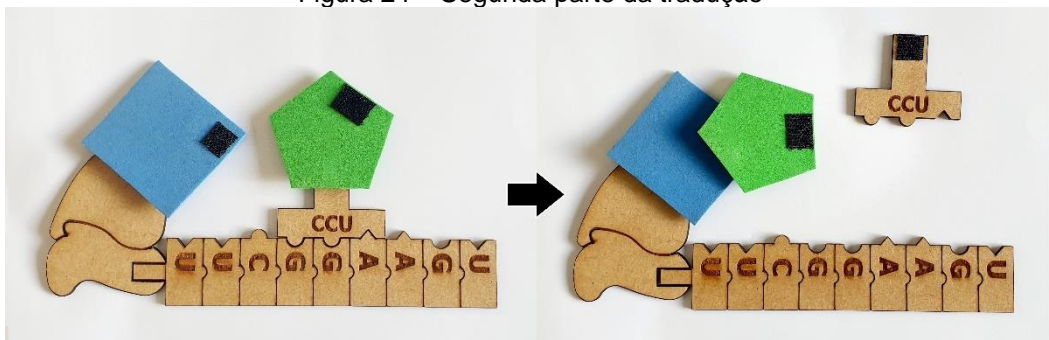
Fonte: elaborado pela autora (2022)

Figura 23 – Primeira parte da tradução



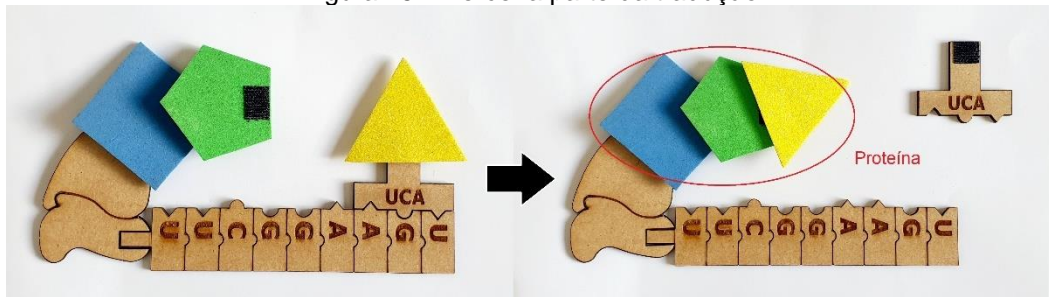
Fonte: elaborado pela autora (2022)

Figura 24 – Segunda parte da tradução



Fonte: elaborado pela autora (2022)

Figura 25 – Terceira parte da tradução



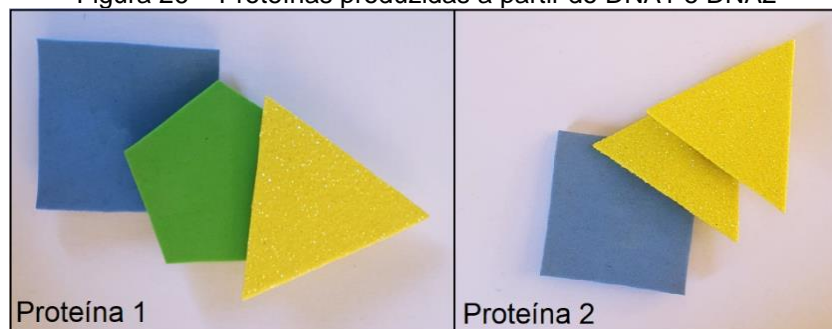
Fonte: elaborado pela autora (2022)

Quando os alunos terminarem a produção das proteínas (figura 26) sugere-se uma discussão com a turma sobre a atividade, investigando as dúvidas e/ou comentários pertinentes. Pode-se também comparar as proteínas produzidas entre os

estudantes e abordar assuntos como mutação e transgenia, pois a BNCC (Brasil, 2017, p. 544) prevê:

[...] explorar como os avanços científicos e tecnológicos estão relacionados às aplicações do conhecimento sobre DNA e células pode gerar debates e controvérsias – pois, muitas vezes, sua repercussão extrapola os limites da ciência, explicitando dilemas éticos para toda a sociedade. A compreensão desses processos é essencial para um debate fundamentado sobre os impactos da tecnologia nas relações humanas e suas implicações éticas, morais, políticas e econômicas, e sobre seus riscos e benefícios para a humanidade e o planeta.

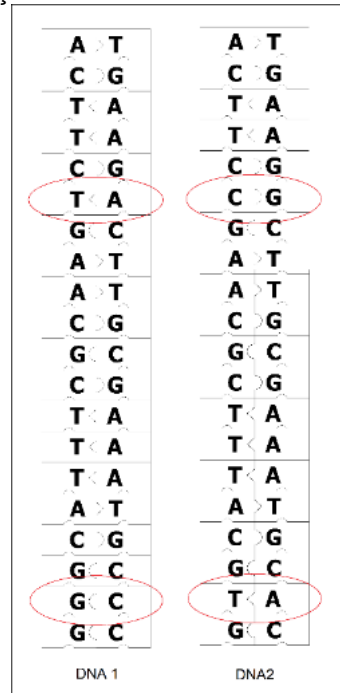
Figura 26 – Proteínas produzidas a partir do DNA1 e DNA2



Fonte: elaborado pela autora (2022)

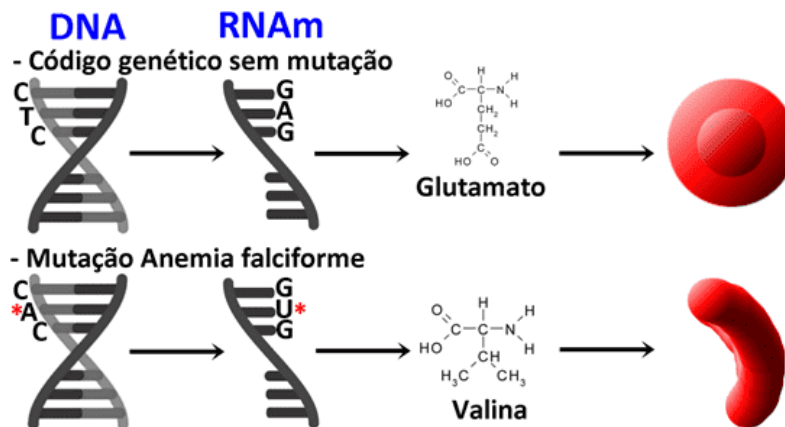
Segundo Pierce (2016, p. 457) “As mutações são mudanças herdáveis nas instruções genéticas codificadas do DNA”, e uma das fontes da variação genética. A mutação gênica acontece quando ocorrem substituições, inserções ou deleções de um ou mais nucleotídeos. À vista disso, em uma atividade pode-se utilizar o DNA da caixa 1 como parâmetro, e compará-lo com o DNA da caixa 2 (figura 27) e aos diferentes produtos gênicos encontrados, explicadas a luz do conceito da mutação gênica. A anemia falciforme, um exemplo recorrente em materiais didáticos de biologia (figura 28), serve como paralelo para essa atividade.

Figura 27 – Diferenças nos nucleotídeos das moléculas 1 e 2 de DNA



Fonte: elaborado pela autora (2022)

Figura 28 – Esquema da mutação que acarreta a patologia anemia falciforme



Fonte: Site QueroBolsa. Disponível em: <https://querobolsa.com.br/enem/biologia/mutacao-genetica>. Acesso em: 10/01/2023

No ensino da genética clássica (mendeliana), o jogo pode ser usado de duas formas. A primeira sugestão é que o jogo seja usado como revisão dos conceitos básicos já trabalhados, mas associando os conceitos da Genética Mendeliana, principalmente no caso em que o ensino acontecer em uma série diferente daquela em que foram trabalhadas a Biologia Celular e Molecular. Conforme Fabricio *et al.* (2006) para compreender o processo de hereditariedade, se faz necessário articular conceitos da estrutura molecular e química do material genético, a síntese proteica e a reprodução celular.

Na segunda opção, o jogo pode ser utilizado para trabalhar o conceito de alelos e a representação dos genes em letras. A premissa de duas caixas com genes diferentes foi utilizada justamente para associar uma caixa ao dominante e a outra ao recessivo (as caixas seriam os cromossomos homólogos) e, assim, mostrar em sala de aula que as letras, ora apenas símbolos da genética, representam genes, e esses genes, proteínas.

6 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

O estudo piloto foi realizado com 16 alunos da primeira série do ensino médio com o objetivo de verificar se o produto atendia aos objetivos específicos, principalmente com relação ao ensino da síntese proteica.

A atividade ocorreu em duas aulas no fim do 4º bimestre e os alunos participantes foram todos voluntários. A atividade, em princípio, era uma revisão, já que esses estudantes aprenderam Biologia Celular e Molecular, principalmente nos 1º e 2º bimestres, e síntese proteica, especificamente, no fim do 2º bimestre, porém, os alunos relataram ter dúvidas, ou não lembrar do que foi visto anteriormente.

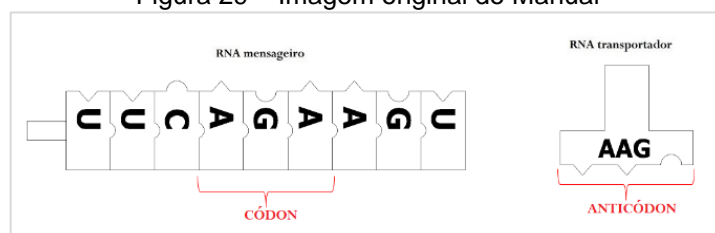
A atividade seguiu essa sequência:

- Resposta das questões iniciais;
- Leitura do manual de instruções, em grupo;
- Jogo;
- Análise das proteínas produzidas em grupo, depois um grupo com o outro;
- Considerações finais.

6.1 O JOGO

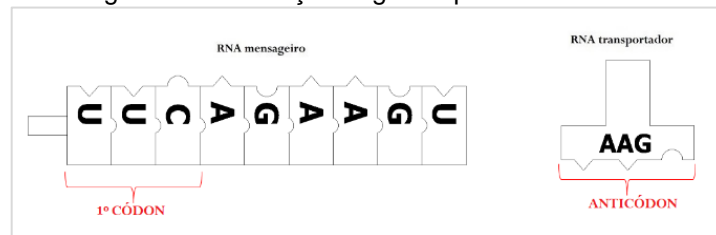
Os alunos se organizaram em grupos de 5 ou 6 alunos e receberam o manual de instrução (anexo A) para leitura, e somente depois iniciaram o jogo. A atividade transcorreu sem grandes problemas. Eles conseguiram seguir a maior parte das orientações, mas sugeriram duas modificações no manual: 1) indicar no desenho qual é o códon de inicialização (figuras 29 e 30) 2) Adicionar os códon na tabela de aminoácidos (figura 31).

Figura 29 – Imagem original do Manual



Fonte: elaborado pela autora (2022)

Figura 30 – Alteração sugerida pelos estudantes



Fonte: elaborado pela autora (2022)

Figura 31 – Alteração na tabela de aminoácidos

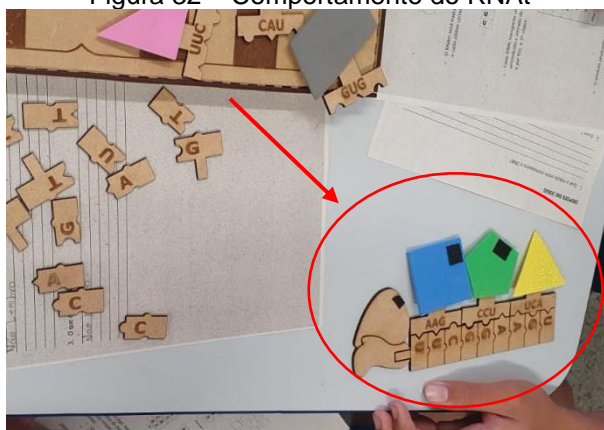
AMINOÁCIDO		CÓDON	AMINOÁCIDO
Lis (Lisina)		UUC	Lis (Lisina)
Ser (Serina)		AGU	Ser (Serina)
His (Histidina)		CAC	His (Histidina)
Gli (Glicina)		GGA	<u>Gli</u> (Glicina)
Val (Valina)		GUA	Val (Valina)
Phe (Fenilalanina)		AAG	<u>Phe</u> (Fenilalanina)

Fonte: elaborado pela autora (2022)

Apesar da orientação para o uso do RNAm que já está pronto na produção da primeira proteína, a maioria dos alunos optaram por montar com as peças individuais dos nucleotídeos. Isso os faziam pensar sobre a própria estrutura do RNAm e sua composição química, mesmo que desse mais trabalho manipular a peça depois.

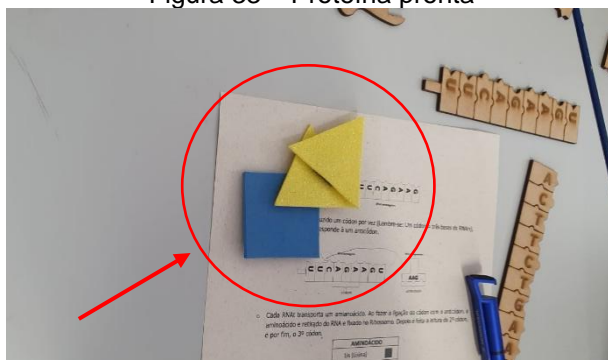
Alguns não compreenderam como o RNAt deveria participar se comportar no processo. Sabiam que ele se ligava ao RNAm, levava o aminoácido, mas não entendiam se eram todos de uma vez ou um de cada vez (figura 32). Mesmo assim, ao final, conseguiram produzir corretamente a proteína (figura 33). Questionados sobre o equívoco, eles atribuíram a uma leitura rápida das instruções, pois estavam muito ansiosos para iniciar a atividade. Penso que essa questão fica resolvida caso o jogo seja aplicado durante a aula de síntese proteica, contudo, no seu uso como revisão, esse problema pode aparecer.

Figura 32 – Comportamento do RNAt



Fonte: elaborado pela autora (2022)

Figura 33 – Proteína pronta



Fonte: elaborado pela autora (2022)

Com relação ao material usado, o MDF é muito resistente e não houve problemas. O EVA é visualmente muito bonito e traz muitas possibilidades, mas não é um material com alta durabilidade, já que as peças estarão em constante manuseio. Então uma estratégia é fazer os aminoácidos em MDF e pintá-los cada um de uma cor, como no EVA.

Os alunos haviam visto o jogo em outra oportunidade, por conta disso, estavam eufóricos para poder usar e a devolutiva foi muito positiva. Segundo Campos, Bortolo e Felício (2002) o entusiasmo demonstrado foi pela possibilidade de realizar uma atividade interativa, e todos concordaram que, no fim, a atividade ajudou a visualizar o processo de síntese, compreender alguns conceitos, como cromossomo, e nenhum ponto negativo foi citado. Dois alunos usaram a expressão 'lúdico' para definir o jogo e todos descreveram a atividade como divertida, corroborando com Oliveira *et al.* (2016) que afirma que a ludicidade e a diversão, além de características dos jogos didáticos, ajudam o professor a trabalhar assuntos complexos e abstratos.

6.2 QUESTÕES

Foram três questões elaboradas, e as mesmas questões foram aplicadas antes e depois do jogo, e as respostas comparadas posteriormente. No entanto, alguns pontos não foram levantados antes da aplicação, e alguns equívocos surgiram, foram eles: Primeiro, as questões foram feitas com os grupos formados, o que acarretou algumas cópias das respostas. Mesmo com a orientação adequada e os alunos cientes, a impressão passada por alguns é que não gostariam de dar uma resposta errada ou deixar em branco, o que leva ao segundo equívoco, que foi o uso do celular. Alguns, mesmo contra a orientação, usaram a internet para obter algumas respostas. Portanto, apenas as respostas espontâneas são consideradas.

As perguntas feitas foram as seguintes:

4. Qual a relação entre cromossomo e DNA?
5. O que é gene? E qual sua relação com as proteínas?
6. O que é uma mutação?

Pedrancini *et al.* (2007) descrevem como os alunos não compreendem a composição química e função do DNA, além de não relacionar do DNA, cromossomo e genes. Na primeira questão, 10 alunos responderam que o “DNA é feito de cromossomo”, 1 aluno não respondeu, e 5 responderam “DNA está contido no cromossomo”. Dos cinco alunos, somente um sabia a resposta, os demais, copiaram a resposta dele.

Por conta do tempo, não foi possível trabalhar muitos conceitos, então essa questão tinha o intuito de testar o impacto visual do material. A caixa tem desenhada em sua tampa um cromossomo, e quando os alunos abrem a caixa, está a molécula de DNA, para que o aluno faça a associação: DNA está contido no cromossomo. Sozinhos eles não chegaram a essa informação, não porque não estava claro, mas, novamente, por conta da ansiedade para ver as peças e poder manusear o jogo. Então, eles precisam ser orientados, mas logo que esse detalhe é sinalizado, a compreensão por parte deles fica claro, tanto que no questionário após o jogo, todos responderam corretamente.

Na segunda questão a resposta principal encontrada foi: “São as características que herdamos dos nossos pais”. Apesar de entender o conceito de hereditariedade dos genes, não era compreendido a natureza química e funcional dos genes. O conceito de gene está em construção, mas o que se utiliza nos textos básicos de

biologia é “sequência de DNA que codifica uma proteína”, que “representa uma visão inicial que está mudando muito rapidamente” (BRÍGIDO, 2021, p. 183). Depois da compreensão do conceito inicial, pode-se aprofundar o conteúdo e desenvolver temas como o *splicing* alternativo.

Após o jogo, as respostas para a questão dois mostram que eles assimilaram a funcionalidade básica do gene, e que associaram ao processo da síntese proteica: “O gene é um conjunto de informações, como uma ‘receita’. Sua relação com as proteínas é que são os genes que tem as informações, para a produção das proteínas”, “Genes é um conjunto de informações capazes de produzir uma proteína. Sua relação é que o gene produz a proteína”, “O gene é formado por informações que definem nossas características. Por meio deles é possível sintetiza as proteínas”. Os estudantes não tiveram dificuldade de localizar o gene descrito no manual no DNA do jogo, contudo não conseguiram transformar essa informação em conceito e dar significado a ela.

Sobre mutação, perguntando na terceira questão, as respostas variaram entre “mutação é uma alteração no DNA” e “mutação é uma evolução”. Segundo Brown (2009, p. 135) mutação “é uma alteração na sequência de nucleotídeos de uma molécula de DNA”, e se essa mutação ocorrer em um gene, pode alterar o “produto gênico”, ou seja, pode gerar uma proteína diferente. A mutação também é um dos fatores responsáveis pela evolução das espécies, então, apesar de simples, as respostas expressavam algumas ideias do conceito.

Antes de iniciarem a resposta da questão três após o jogo, foi feita uma intervenção na atividade e comparada as proteínas produzidas pelos grupos. Explicou-se que a diferença entre os produtos produzidos era por conta das moléculas DNA diferentes, o que geravam RNAm diferentes e por consequência, proteínas diferentes. Era solicitado que considerassem um deles o DNA “correto” e aquela a proteína funcional, exemplifiquei usando o hormônio insulina como exemplo, e que o outro DNA, o que havia sofrido uma mutação e, por conta disso, produzia uma proteína diferente, não funcional. Isso tudo sempre associando as proteínas de EVA.

Observa-se que nem sempre uma mutação leva a uma característica ruim como uma proteína não funcional, pode simplesmente gerar variações dessas características, como visto nas leis mendelianas. Utilizando o famoso caso das cores das ervilhas da 1ª Lei de Mendel, mostra-se que um dos genes poderia expressar a cor amarela e o outro o verde. Dois alunos que haviam estudado genética no

fundamental, conseguiram associar os genes às letras usadas nos cruzamos mendelianos.

Ao fim das discussões, os estudantes foram concluir a questão sobre mutação. Alguns alunos que responderam que “mutação é uma alteração no DNA”, complementaram com a informação de que as mutações podem ser maléficas, fazendo referência ao fato de que algumas alterações criam características que trazem prejuízos a espécie. Ficou evidente que eles focaram nas mutações maléficas, porém, não é possível atribuir uma causa para essa predileção: “Mutação é quando acontece uma mínima mudança na ordem de nucleotídeos, causando uma mudança/deformação na produção da proteína”. Um dos estudantes chama a atenção por sua resposta mostrar como ele se apropria do conhecimento nesse curto tempo da atividade. Resposta antes do jogo: “uma mudança ou alteração de algo”, após: “a mutação é uma pequena mudança no nosso DNA que causa uma alteração na síntese de proteína”.

Depois de finalizada a atividade escrita e prática, iniciou-se um diálogo sobre assuntos que o jogo trouxe à tona. Utilizando o que foi visto no jogo, foi explicado a técnica utilizada na produção de vacinas de RNAm do COVID-19, o que eram os transgênicos e suas técnicas empregadas. Por conta do tempo, não foi possível ter uma devolutiva dos alunos sobre esses assuntos, entretanto, naquele momento tinha estudantes muito mais atentos e interessados no que estava sendo tratado do que em uma aula expositiva tradicional.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A genética é uma ciência recente na história, com grande desenvolvimento e impacto na humanidade. Eventos pandêmicos recentes nos fizeram confrontar conceitos, por muitos antes ignorados, ou simplesmente desconhecidos. Termos como DNA, mutação, evolução, vacinas de RNAm, chegavam por todos os meios de comunicação e geraram discussões, algumas sem embasamento científico, escancarando nossas dificuldades.

Mas antes desse evento, pesquisadores já alertavam para as dificuldades que os estudantes do ensino médio encontram na sua formação. Da Biologia celular à molecular, que servem de base para a genética, muitos são os conceitos e os vocabulários são extensos, fatores que causam dificuldade de abstração. Mesmo quando compreendem o conceito, não existe uma significação desses, nem tão pouco, uma correlação com as questões do seu cotidiano. Aulas exclusivamente expositivas e, muitas vezes, utilizando-se apenas do livro didático como apoio, são as únicas ferramentas de muitos professores brasileiros.

A proposta de um jogo, antes de tudo, foi a de levar para a sala de aula uma alternativa à metodologia expositiva. Não que ela seja ruim, mas uma única estratégia não atende a uma sala de aula com jovens tão diversos entre si. O jogo didático como ferramenta de ensino trás o lúdico e a diversão, além de trabalhar as questões socioafetivas. O Jogo Síntese Proteica cumpriu esses quesitos durante sua aplicação. Os estudantes se sentiram motivados, interessados, e ansiosos pelo que estava por vir na disciplina. O jogo também pode ser uma ferramenta inclusiva. No caso desse produto, ele foi produzido já considerando as adaptações necessárias para acrescentar a grafia braile e atender aos deficientes visuais.

Apesar do jogo mostrar uma síntese proteica simplificada e o conceito de gene não atender à todas as demandas da atualidade, a sua aplicação também é possível no ensino superior. Não existem aulas práticas sobre essa temática nos ensinos médio e superior, então, o conceito muitas vezes permanece abstrato em formandos de biologia. Ao utilizar o jogo e fazer os devidos ajustes na aplicação, o docente pode contribuir para facilitar o ensino-aprendizagem dos seus discentes.

O produto foi pensando para atender o maior número de escolas do Brasil, pensando nas diferentes realidades do país, por isso foram utilizados materiais baratos, de alta durabilidade, uma técnica de fácil acesso e sem a necessidade de um

espaço especial para uso. Quando se trabalha em uma escola onde não se tem laboratórios ou recursos, não é possível aplicar aulas práticas, e, nesse cenário jogos são estratégias para que estudantes possam compreender parte desses conceitos abstratos do tipo “o DNA está contido no cromossomo” como visto na aplicação do piloto. Além disso, o jogo se mostrou promissor como ferramenta para desenvolver temas relacionados à biotecnologia.

REFERÊNCIAS

_____. PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília, DF: MEC/SEMTEC, 2002.

ALMEIDA, Patrícia Matos; CARVALHO, Diego Soares; PEREIRA, Cláudio Alves. Aprendendo síntese proteica de forma interativa e lúdica: O Desafio da Síntese Proteica. **Revista de Ensino de Bioquímica**. v. 20, n. 2, p. 1-13, 2020. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/348981979_Aprendendo_sintese_proteica_de_forma_interativa_e_ludica_o_desafio_da_sintese_proteica. Acesso em: 02 out. 2022.

ALVES, Sandra Bevilaqua F.; CALDEIRA, Ana Maria de Andrade. Biologia e ética: um estudo sobre a compreensão e atitudes de alunos do ensino médio frente ao tema genoma/DNA. **Revista Ensaio**. v. 7, n. 1, p. 12-23, jan./abr. 2005. DOI:

<https://doi.org/10.5902/2179460X13619>. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/epec/a/sz79cdBYSWZzzHJkTZ3dNhB/?lang=pt>. Acesso em: 16 out. 2022. Acesso em: 02 out. 2022.

BAILER, Cyntia; TOMITCH, Leda Maria Braga; D'ELY, Raquel Carolina Souza. Planejamento como processo dinâmico: a importância do estudo piloto para uma pesquisa experimental em linguística aplicada. **Revista Intercâmbio**. São Paulo, v. 24, p. 129-146, 2011. Disponível em:

<https://revistas.pucsp.br/index.php/intercambio/article/view/10118>. Acesso em: 09/01/2023.

BRÍGIDO, Marcelo de Macedo. As dificuldades em se definir a materialidade do gene em uma ciência em transformação. **Genética na Escola**. São Paulo, v. 16, n. 2, p. 170–183, 2021. Disponível em:

<https://www.geneticanaescola.com/revista/article/view/369>. Acesso em: 02 out. 2022.

BROWN, Terence A. **Genética: um enfoque molecular**. 3. Ed. Rio de Janeiro. Guanabara Koogan, 2009.

CANHOTA, Carlos. Qual a importância do estudo piloto? *In*: SILVA, Eugénia Enes (Org.). **Investigação passo a passo: perguntas e respostas para investigação clínica**. Lisboa: APMCG, 2008. p. 69-72. Disponível em:

<https://apmgf.pt/apmgfbackoffice/files/Investiga%C3%A7%C3%A3o%20Passo%20a%20Passo.pdf>. Acesso em: 09 jan. 2023.

CAMPOS, Luciana Maria Lunardi et al. **A produção de jogos didáticos para o ensino de Ciências e Biologia: uma proposta para favorecer a aprendizagem**. Unesp, 2002. Disponível em:

<http://www.unesp.br/prograd/PDFNE2002/aproducaodejogos.pdf>. Acesso em: 06 jan. 2023.

CASAGRANDE, Grasiela de Luca. **A genética humana no livro didático de biologia**. 2006. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em

Educação Científica e Tecnológica, Universidade de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

COSTA, Marivalter Gomes. **Expressão gênica, pré-requisito para o ensino de genética: dificuldades e soluções**. 2020. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino De Biologia) – Instituto de Biociências, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2020.

CUNHA, Luana Reine Pinheiro Lima; DUARTE, Maria Deise das Dores Costa. A ludicidade como ferramenta didática para o ensino de química. *In: CONEDU*, 5.; Campina Grande. **Anais [...]**. Campina Grande: Realize Editora, 2018. Disponível em: <<https://www.editorarealize.com.br/artigo/visualizar/46015>>. Acesso em: 12/01/2023.

DANNA, Cristiane Lisandra. O teste piloto: uma possibilidade metodológica e dialógica na pesquisa qualitativa em educação. *In: COLÓQUIO NACIONAL*, 1.; ENCONTRO DO NÚCLEO DE ESTUDOS LINGUÍSTICOS, 7., 2012, Blumenau. **Anais [...]**. Blumenau: FURB, 2012. Disponível em: <https://www.tecnoevento.com.br/nel/anais/artigos/art16.pdf>. Acesso em: 09 jan. 2023.

FABRÍCIO, Maria de Fátima Lima *et al.* A compreensão das leis de Mendel por alunos de biologia na educação básica e na licenciatura. **Revista Ensaio**. Belo Horizonte, v. 8, n. 1, p. 83-103, jan./jun. 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/epec/a/d8JbvnPgSNyVwMLKT9j5WrL/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 15 out. 2022.

GIACÓIA, Luciano Rogério Destro. **Conhecimento básico de genética: concludentes do ensino médio e graduandos de Ciências Biológicas**. 2006. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) – Faculdade de Ciências – Universidade Estadual de São Paulo, Bauru, 2006.

GONÇALVES, Tiago Maretti; KARASAWA, Marines Marli Gnich. “Muta-ção”: A proposta de um jogo lúdico sobre mutações e síndromes genéticas nas disciplinas de biologia molecular e genética clássica. **Arquivos do Mudi**. v. 25, n. 1, p. 44-65, 2021. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ArqMudi/article/view/56371>. Acesso em: 08 set. 2022.

GRIFFITHS, Anthony J. F. *et al.* **Introdução à genética**. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

LEAL, Cristianni Antunes; MEIRELLES, Rosane M.S.; RÔÇAS, Giselle. O que estudantes do ensino médio pensam sobre genética? **Revista Eletrônica Científica Ensino Interdisciplinar**. Mossoró, v. 5, n. 13, p. 71-86, fev. 2019. DOI: 10.21920/recei720195137186. Disponível em: <http://periodicos.apps.uern.br/index.php/RECEI/article/view/1658>. Acesso em: 11 out. 2022.

MACHOVÁ, Marketa; EHLER, Edvard. Secondary school students' misconceptions in genetics: origins and solutions. **Journal of Biological Education**. Jun.2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00219266.2021.1933136>. Acesso em: 04 jul. 2022.

MOURA, Joseane *et al.* Biologia/Genética: O ensino de biologia, com enfoque a genética, das escolas públicas no Brasil – breve relato e reflexão. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**. Londrina, v. 34, n. 2, p. 167-174, jul./dez. 2013. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-726419>. Acesso em: 15 out. 2022.

OLIVEIRA, Natalia Carvalhaes de. PRODUÇÃO DE JOGOS DIDÁTICOS PARA O ENSINO DE BIOLOGIA: CONTRIBUIÇÕES E PERSPECTIVAS. **Ciclo Revista**. v. 1, n. 2, 2016. Disponível em: <https://periodicos.ifgoiano.edu.br/ciclo/article/view/239>. Acesso em: 12 nov. 2022.

PAIVA, Ana Luiza Bittencourt; MARTINS, Carmen Maria De Caro. Concepções prévias de alunos de terceiro ano do Ensino Médio a respeito de temas na área de Genética. **Revista Ensaio**. Belo Horizonte, v. 7, n. 3, p. 182-201, set./dez., 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/epec/a/4g3tQgRKHJMMXXrkd8bxswt/?lang=pt>. Acesso em: 15 out. 2022.

PEDRANCINI, Vanessa Daiana *et al.* Ensino e aprendizagem de biologia no ensino médio e apropriação do saber científico e biotecnológico. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. Chile, v. 6, n. 2, p. 299-309, 2007. Disponível em: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen6/ART5_Vol6_N2.pdf. Acesso em: 15 out. 2022.

PEREIRA, Francisco Pires. **O ensino de genética na educação básica: revisão bibliográfica e produção de modelos didáticos**. 2019. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino De Biologia) - Centro de Ciências da Natureza, Universidade Estadual do Piauí, Teresina, 2019.

PIERCE, Benjamin A. **Genética: Um enfoque conceitual**. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

SNUSTAD, Peter, SIMMONS, Michael J. **Fundamentos de Genética**. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.

STRAUSS, Anselm; CORBIN, Juliet. **Pesquisa Qualitativa: Técnicas e procedimentos para o desenvolvimento de teoria fundamentada**. 2. Ed. Porto Alegre. Artmed, 2008.

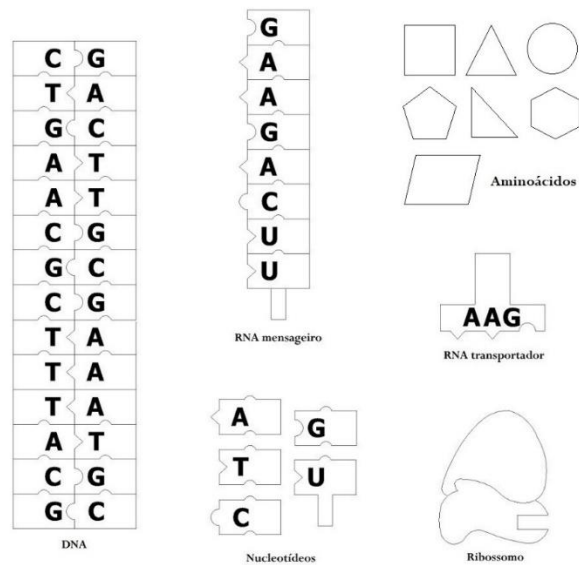
TEMP, Daiana Sonogo; BARTHOLOMEI-SANTOS, Marlise Ladvoocat. Genética e suas aplicações: identificando o conhecimento presente entre concluintes do ensino médio. **Ciência e Natura**. Santa Maria, v. 36, n. 2, p. 358-372, set./dez. 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/view/13619>. Acesso em: 16 out. 2022.

VIVARINI, Aislan; DUARTE, Bianca. Análise do aprendizado de Genética e Biologia Molecular em um pré-vestibular social: um reflexo do Ensino Médio. **Revista Educação Pública**. v. 21, n. 9, p. 1-12, mar. 2021. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/350117791>. Acesso em: 16 out. 2022.

ZACCARON, Rafael; D'ELY, Raquel C.S.F.; XHAF AJ, Donesca C.P. Estudo piloto: um processo importante de adaptação e refinamento para uma pesquisa quase experimental em aquisição de l2. **Revista do GELNE**. Natal. v. 20, n. 1, p. 30–41, 2018. DOI: 10.21680/1517-7874.2018v20n1ID13201. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/gelne/article/view/13201>. Acesso em: 09 jan. 2023.

ANEXO A – ORIENTAÇÕES DO JOGO SÍNTESE PROTEICA* Versão Caixa 1

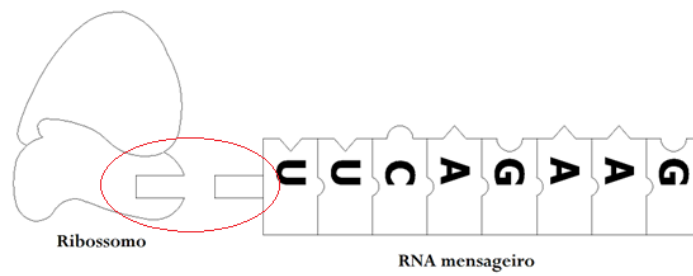
- O grupo receberá uma caixa contendo as seguintes peças:



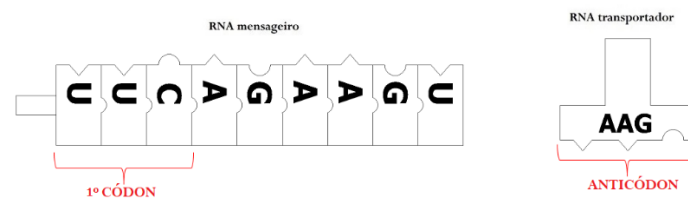
- A caixa do jogo, representa um Cromossomo, com a molécula de DNA contida dentro dele;
- O objetivo do jogo é produzir duas proteínas, de acordo com os genes indicados a seguir, e depois comparar com o grupo que contém uma caixa diferente.
- Genes:
 - Gene 1 (5' → 3'): ACTTCCGAA;
 - Gene 2 (5' → 3'): CTTTACGTG.

ORIENTAÇÕES







- Primeira etapa: **Transcrição do DNA**
 - Deve-se procurar na molécula de DNA o gene que será trabalhado primeiro, de acordo com a orientação do professor. Depois, o DNA tem que ser transcrito em uma molécula de RNAm. Essa molécula poderá estar pronta, e o grupo deve apenas localizar e garantir que ela corresponda corretamente ao gene, ou, deverá ser montada com os nucleotídeos individuais.
- Segunda etapa: **Tradução do RNAm**
 - A molécula de RNAm será traduzida pelo ribossomo. As duas peças possuem encaixas para simbolizar esse momento do processo:



- O RNAm será traduzido um códon por vez (Lembre-se: Um códon = três bases do RNAm), e cada códon corresponde à um anticódon.



- Cada RNAt transporta um aminoácido. Ao fazer a ligação do códon com o anticódon, o aminoácido é retirado do RNA e fixado no Ribossomo. Depois é feita a leitura do 2º códon, e por fim, o 3º códon.

CÓDON	AMINOÁCIDO
UUC	Lis (Lisina) 
AGU	Ser (Serina) 
CAC	His (Histidina) 
GGA	Gli (Glicina) 
GUA	Val (Valina) 
AAG	Phe (Fenilalanina) 

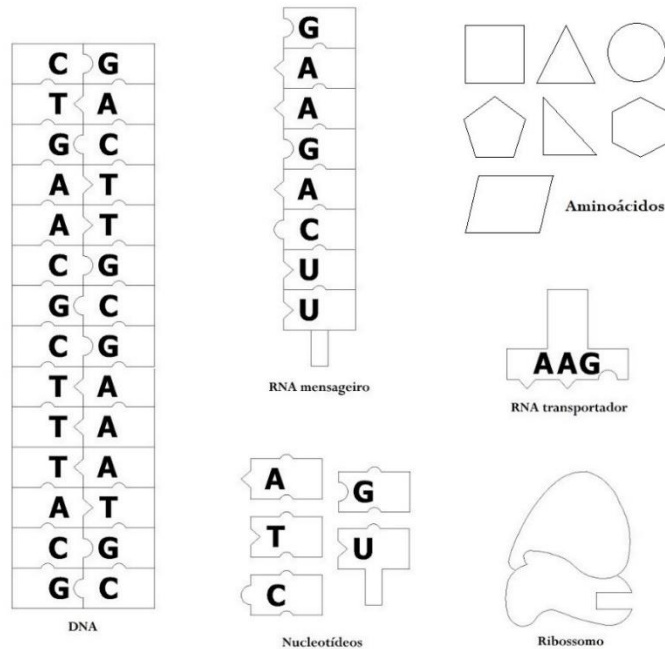
- O produto produzido no ribossomo, é a proteína.

*O Jogo "Síntese Proteica" é produto do mestrado profissional intitulado "O Ensino De Biologia Na Educação Básica: A Significação De Conceitos Em Biologia Celular E Genética" - Unesp/Bauru - Docência para a Educação Básica.

Autora: Adriana Nascimento de Jesus.
Contato: adriana.nascimento@ifsp.edu.br.

ANEXO B – ORIENTAÇÕES DO JOGO SÍNTESE PROTEICA* Versão Caixa 2

- O grupo receberá uma caixa contendo as seguintes peças:



- A caixa do jogo, representa um Cromossomo, com a molécula de DNA contida dentro dele;
- O objetivo do jogo é produzir duas proteínas, de acordo com os genes indicados a seguir, e depois comparar com o grupo que contém uma caixa diferente.
- Genes:
 - Gene 1 (5' → 3'): ACTTCTGAA;
 - Gene 2 (5' → 3'): CTTTACGGG.

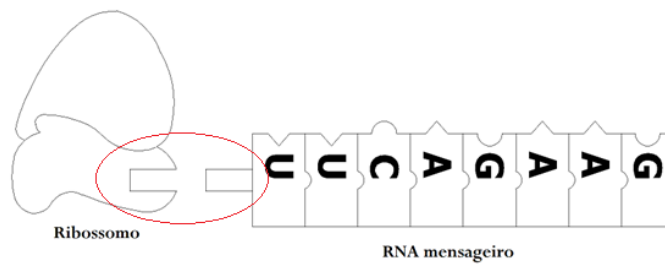
ORIENTAÇÕES

3. Primeira etapa: **Transcrição do DNA**

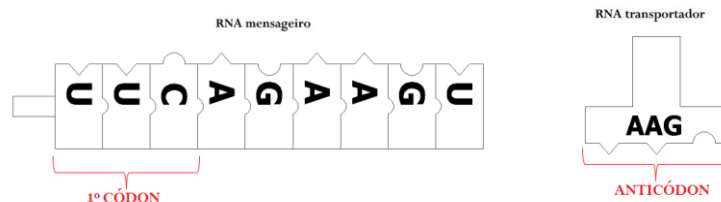
- Deve-se procurar na molécula de DNA o gene que será trabalhado primeiro, de acordo com a orientação do professor. Depois, o DNA tem que ser transcrito em uma molécula de RNAm. Essa molécula poderá estar pronta, e o grupo deve apenas localizar e garantir que ela corresponda corretamente ao gene, ou, deverá ser montada com os nucleotídeos individuais.

4. Segunda etapa: **Tradução do RNAm**

- A molécula de RNAm será traduzida pelo ribossomo. As duas peças possuem encaixas para simbolizar esse momento do processo:



- O RNAm será traduzido um códon por vez (Lembre-se: Um códon = três bases do RNAm), e cada códon corresponde à um anticódon.
- Cada RNAt transporta um aminoácido. Ao fazer a ligação do códon com o anticódon, o aminoácido é retirado do RNA e fixado no Ribossomo. Depois é feita



a lei

por fim, o 3º códon.

tura do 2º códon, e

CÓDON	AMINOÁCIDO	
UUC	Lis (Lisina)	■
AGU	Ser (Serina)	▲
CCC	Pro (Prolina)	⬡
AGA	Ser (Serina)	▲
GUA	Val (Valina)	●
AAG	Phe (Fenilalanina)	▲

- O produto produzido no ribossomo, é a proteína.