

***Oficina de modelagem: uma
proposta para o ensino de
Genética***



*Silvania Pereira de Aquino
Dra. Mirley Luciene dos Santos*

*Anápolis - GO
2018*

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1 Apresentação..... | 01 |
| 2 Modelagem, oficinas de ensino e prática docente..... | 02 |
| 3 Proposta de Oficina..... | 03 |
| 3.1 Objetivos..... | 03 |
| 3.2 Público-alvo..... | 04 |
| 3.3 Tempo estimado..... | 04 |
| 3.4. Primeira atividade: momento teórico..... | 04 |
| 3.4.1 Tempo estimado..... | 04 |
| 3.4.2 Conteúdo..... | 04 |
| 3.4.3 Metodologia e sugestões de referencial teórico..... | 04 |
| 3.5. Segunda atividade: momento prático..... | 05 |
| 3.5.1 Tempo estimado..... | 05 |
| 3.5.2 Materiais utilizados..... | 05 |
| 3.5.3 O modelo didático..... | 06 |
| 3.5.4 Etapas da construção do modelo didático..... | 06 |
| 3.5.4.1 Preparo das bases para as fitas de DNA e RNAs..... | 06 |
| 3.5.4.2 Montagem da molécula de RNA mensageiro..... | 08 |
| 3.5.4.3 Montagem das moléculas de DNA..... | 10 |
| 3.5.4.4 Montagem das moléculas de RNAs transportadores..... | 12 |
| 3.5.4.5 Modelagem dos aminoácidos..... | 13 |
| 3.5.4.6 Modelagem do ribossomo..... | 14 |
| 4. Avaliação da oficina de modelagem..... | 16 |
| 5. Explorando o Modelo Didático - algumas possibilidades da utilização para o ensino de Genética..... | 17 |
| 5.1 Proposição de objetivos para utilização do modelo como recurso didático..... | 17 |
| 5.1.1 Objetivos para o Ensino Fundamental (9º ano) | 18 |
| 5.1.2 Objetivos para o Ensino Médio..... | 18 |
| 5.2 Conteúdos que podem ser abordados a partir da utilização do modelo didático..... | 19 |
| 5.3 Propostas de metodologias..... | 19 |
| 5.4 Sugestões de Avaliação..... | 22 |
| 6. Considerações Finais..... | 23 |

| | |
|---------------------|----|
| 7. Referências..... | 24 |
| 8. Apêndices..... | 27 |
| 9. Anexo..... | 29 |

1. Apresentação

A sugestão de oficina de ensino aqui apresentada se configura como produto final de uma pesquisa de pós-graduação *stricto sensu* (mestrado) “O Ensino de Genética utilizando Modelos Didáticos: uma proposta metodológica na formação inicial de Professores” do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências – PPEC, da Universidade Estadual de Goiás – UEG.

Durante o trabalho de pesquisa um modelo didático que aborda alguns conteúdos de Genética foi utilizado. Essa etapa da pesquisa teve o intuito de evidenciar a importância do uso de modelos didáticos como recurso metodológico para o ensino de Genética na formação inicial de professores. Em uma segunda etapa, os professores em formação inicial participantes da pesquisa realizaram uma intervenção. Nela aplicaram o mesmo modelo a estudantes de algumas escolas de ensino médio com o objetivo de avaliar se a utilização de um modelo didático é uma metodologia de ensino que colabora para uma aprendizagem significativa.

A partir destas etapas da pesquisa, verificou-se que apesar da abstração e complexidade de alguns conteúdos de Genética a utilização do modelo didático se constitui em um recurso metodológico que pode colaborar para a melhoria na qualidade do processo de ensino e aprendizagem. Também ficou evidente que a aplicação do modelo didático pelos professores em formação inicial foi importante por proporcionar uma experiência pedagógica servindo como instrumento de modificação para práticas futuras.

O exercício da docência requer a constante busca pelo conhecimento e, na opinião de Baptista (2003, p. 10), “o desenvolvimento profissional dos professores está intimamente relacionado com sua formação”. É a partir da conscientização acerca de sua prática que o docente poderá transformar seu trabalho, isso requer o conhecimento crítico da realidade.

Partindo dessa premissa, apresentamos aqui uma sugestão de oficina de modelagem com o intuito de favorecer a vivência de experiências didático-pedagógicas que possibilite aos professores em exercício e em formação inicial resultados satisfatórios quanto ao ensino e aprendizagem de Genética.

2. Modelagem, oficinas de ensino e prática docente

A prática docente impõe muitos desafios ao professor que precisa inovar na busca de novos conhecimentos com o intuito de viabilizar sua atuação amenizando as disparidades do ensino na atualidade. Uma opção pode ser a utilização de metodologias diversificadas que favoreçam o processo de ensino e aprendizagem efetivo e com significado para o estudante.

O processo de confecção de um modelo didático pode ser uma oportunidade de melhoria do aprendizado. De acordo com Duso et al. (2013):

Em termos gerais, a modelização retrata um processo de elaboração de modelos ou se refere à apropriação de modelos já elaborados e aceitados. Em função disso, a modelização abre espaço para análises, seja em relação à ciência, à Teoria de Modelos Mentais ou ao ensino de ciências, como processo de desenvolvimento de aprendizagem (DUSO et al., 20013, p. 32).

A modelização é uma atividade que demanda maior disponibilidade de tempo e também exige um planejamento minucioso das atividades propostas para que haja o envolvimento dos estudantes e culmine em resultado satisfatório. O primeiro passo é a escolha do modelo a ser confeccionado.

Um modelo para Gilbert; Boulter e Elmer, apud Paganini; Justi e Mozzer (2014, p. 1020) “pode ser compreendido como uma representação de uma ideia, objeto, evento, processo ou fenômeno para um dado sistema, elaborado com uma finalidade específica”. Os modelos didáticos, segundo Justi e Gilbert (2002) são apenas representações da realidade e não “uma cópia”, eles podem ter origem a partir da interpretação de uma pessoa sobre o contexto que representa. A partir desta perspectiva, com a interpretação dos processos de Replicação, Transcrição e Tradução dentro da disciplina de Genética que envolvem a molécula de DNA e RNA, foi construído o modelo didático que abordaremos.

É válido ressaltar que Justi e Gilbert (2002, p. 1371) destacam três componentes utilizados para se entender um modelo: eles são uma forma de “testar ideias”; quem o modela possui “papel ativo na sua construção”; e, um modelo pode ser “testado e alterado para informar o desenvolvimento de ideias”. Desta forma, a modelagem é um processo amplo que envolve uma série de atividades podendo resultar na melhoria do aprendizado.

Segundo Vieira e Volquind (2002), as oficinas de ensino favorecem a integração entre “sentir, pensar e agir” favorecendo a interação entre teoria e prática; portanto, para ser uma proposição inovadora uma oficina precisa “criar um espaço para a vivência, a reflexão e

a construção de conhecimentos”. A partir destes princípios surge a proposta desta oficina de modelagem. Nela acontece a confecção de um modelo didático a partir de orientações sobre sua estrutura física e apontamento das possibilidades didático-pedagógicas que o mesmo suscita.

O trabalho com oficinas de ensino se constitui como uma metodologia eficiente na formação continuada de professores. Através delas o foco de ensino se converge para o “aprendiz e a aprendizagem” saindo do docente, o que caracteriza a metodologia diferente do ensino tradicional focado na “cognição”. “Uma oficina é pois, uma oportunidade de vivenciar situações concretas e significativas, baseadas no tripé: sentir-pensar-agir, com objetivos pedagógicos” (PAVIANI; FONTANA, 2009, p.78).

O desenvolvimento deste trabalho de modelagem através de uma oficina de ensino se justifica de acordo com Mastelari e Zômpero (2017, p. 225) por ser um tipo de metodologia que “tem como objetivo promover uma cultura de participação e de integração de todos”, sendo, portanto, uma proposta formativa que envolve o “coletivo”. Ao se trabalhar em duplas ou grupos, a interação promove a vivência de um processo construído com o compartilhamento de ideias. Há de se esperar que esta interação promova uma experiência de ensino e aprendizagem sobre modelos e modelagem com maior significância.

3. Proposta de Oficina

3.1 Objetivos

GERAL: Divulgar a proposta da construção de um modelo didático no intuito de favorecer a vivência de experiências didático-pedagógicas para o ensino de Genética.

ESPECÍFICOS:

- ✓ Divulgar as características do processo de ensino e aprendizagem através de modelo e modelagem de forma a facilitar e favorecer um ensino de melhor qualidade.
- ✓ Favorecer a oportunidade de vivenciar o processo de modelagem de maneira reflexiva e organizada a partir da utilização teórica e prática do conhecimento para a construção de um modelo que visa o ensino de Genética.
- ✓ Colaborar com o desenvolvimento de atividades envolvendo modelo e modelagem para o ensino de Genética possibilitando relacionar e aplicar este processo na prática pedagógica.

3.2 Público-alvo

A oficina de modelagem foi planejada e elaborada visando produzir resultados satisfatórios de ensino e aprendizagem significativa de conteúdos de Genética que são complexos e abstratos. O público alvo a que se destina inclui professores em formação inicial e/ou continuada.

3.3 Tempo estimado

A construção do modelo didático envolve uma parte teórica e outra prática que poderão ser desenvolvidas em um intervalo de tempo de aproximadamente três a quatro horas.

3.4. Primeira atividade: momento teórico

3.4.1 Tempo estimado: Uma hora

3.4.2 Conteúdo - O ensino e aprendizagem através de modelos e modelagem:

- ✓ Conceituação de modelo e modelagem;
- ✓ Tipos de modelos;
- ✓ Vantagens e limitações da utilização de modelos e modelagem como metodologia de ensino.

3.4.3 Metodologia e sugestões de referencial teórico

Diversos artigos abordam a temática de modelos e modelagem. O ideal é que professor formador faça um estudo prévio de alguns textos antes de ministrar a oficina. O formador poderá desenvolver o momento teórico utilizando de metodologias diversificadas, tais como: exposição explicativa dialogada sobre o tema; utilização de recursos multimídia com slides diretivos sobre o assunto; estudo dirigido de trechos de artigos com posterior socialização do tema pelos participantes, dentre outras metodologias.

Os principais artigos sugeridos para serem utilizados como referenciais iniciais do tema são:

- ✓ DUSO, Leandro; CLEMENT, Luiz; PEREIRA, Patrícia Barbosa; ALVES FILHO, José de Pinho. Modelização: uma possibilidade didática no ensino de Biologia. Belo Horizonte: **Revista Ensaio**, v. 15, n. 02, p. 29-44, maio-ago, 2013.

- ✓ DELLA JUSTINA, Lourdes Aparecida. FERLA, Marcio Ricardo. A Utilização de Modelos Didáticos no Ensino de Genética – Exemplo de Representação de Compactação do DNA Eucarioto. **Arq. Mudi**. Maringá PR, 2006.
- ✓ PAZ, Alfredo Müllen da; ABEGG, Ilse; ALVES FILHO, José Pinho; OLIVEIRA, Vera Lúcia Bahl de. Modelos e Modelizações no Ensino: um estudo da cadeia alimentar. **Revista Ensaio**, v. 08, dez. de 2006.
- ✓ PIETROCOLA, Maurício. Construção e Realidade: O Realismo Científico de Mário Bunge e o Ensino de Ciências através de Modelos. **Revista Investigações no Ensino de Ciências**, v. 4, n.3, p. 213-227. Florianópolis, 1999.

3.5. Segunda atividade: momento prático

É importante que esta atividade seja desenvolvida preferencialmente em pequenos grupos (máximo cinco integrantes) ou em duplas no intuito de favorecer a integração dos participantes e otimizar o tempo.

3.5.1 Tempo estimado: Aproximadamente duas horas

3.5.2 Materiais utilizados

- **Moléculas de DNA e RNA mensageiro:**
 - ✓ Papel colorido (tipo criativo ou chamex) em cinco cores;
 - ✓ Tesoura;
 - ✓ Fita crepe fina (1,5 cm de largura, aproximadamente);
 - ✓ Pincel atômico.

- **RNAs transportadores, aminoácidos e ribossomo:**
 - ✓ Papel chamex branco e papel colorido (tipo criativo ou chamex) em quatro cores;
 - ✓ Papel cartão face única (uma folha);
 - ✓ Fita crepe;
 - ✓ Tesoura;
 - ✓ Cola para papel;
 - ✓ Pincel atômico.

3.5.3 O modelo didático

O modelo didático proposto na oficina de modelagem é constituído por duas fitas de DNA, uma fita de RNA mensageiro, cinco RNAs transportadores e cinco aminoácidos. Também foi adicionado ao modelo um ribossomo adaptado a partir do molde do modelo intitulado “*Síntese de Proteínas*” da autora Myriam Krasilchik (1986, p. 45). Os componentes do modelo podem ser visualizados na Figura 1:



Figura 1. Modelo didático para o ensino de Genética com todos os componentes constituintes.

Fonte: A autora 2018

3.5.4 Etapas da construção do modelo didático

3.5.4.1 Preparo das bases para as fitas de DNA e RNAs

As fitas de DNA, RNAm e os RNA transportadores são constituídos por pedaços recortados de papéis coloridos (cinco cores diferentes) representando as bases nitrogenadas. Cada base nitrogenada é representada por um retângulo de papel com dimensão de 9 cm X 6 cm com uma das extremidades com recorte diferente e encaixáveis, os moldes indicativos do formato dos retângulos representativos das bases estão disponibilizados (Apêndice 1).

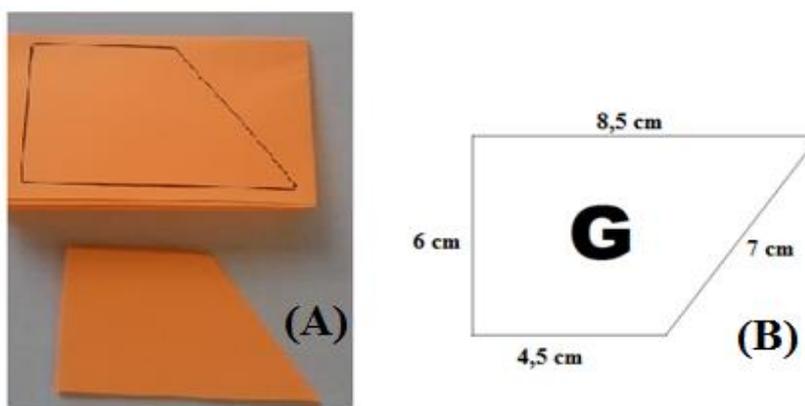
As bases nitrogenadas foram representadas cada uma por uma cor específica (Adenina – rosa, Timina – azul, Guanina – laranja, Citosina – verde e Uracila – amarelo), no papel foi escrito ao final da montagem a inicial do nome da base em letra maiúscula com pincel atômico. Para facilitar o recorte das bases é necessário definir a quantidade que será

utilizada no modelo antes iniciar os recortes. Isso pode ser feito a partir da esquematização geral do modelo.

A construção do modelo é determinada pela consulta à tabela de códons¹ (Anexo 1), como para alguns aminoácidos existem mais de um códon - código genético é universal e degenerado², faz-se necessária a definição dos códons a serem utilizados no modelo. Aqui tomaremos os seguintes códons para cada aminoácido: metionina – AUG; serina – UCU; arginina – CGC; isoleucina – AUC; prolina – CCG; por último foi selecionado o fator de término³ – UAG. A partir da escolha de códons específicos de cinco aminoácidos, procede-se o recorte das bases nitrogenadas.

Novamente destacamos que é aconselhável esquematizar no papel a sequência de bases das moléculas de RNAm, DNA, RNAt antes de iniciar a modelização, isso facilita a modelagem e define a quantidade de bases a serem recortadas. No modelo aqui descrito o total de bases a serem recortadas e suas respectivas cores de papel são: quinze adeninas (rosa); oito timinas (amarelo); sete uracilas (roxo); dezenove citosinas (azul); e vinte guaninas (laranja). Cada retângulo de papel possui as dimensões de 8,5 cm X 6 cm, com recortes em uma das extremidades, de maneira a favorecer o encaixe das bases.

Visando facilitar o recorte do papel que representa as das bases do modelo, uma folha de papel colorido tamanho A4 pode ser dobrada em oito partes iguais. Após dobrar a folha, o molde é riscado sobre uma das faces do papel e em seguida recortado conjuntamente. A figura 2 indica o preparo para o recorte do molde que representará a base guanina:



¹ Cada aminoácido de uma proteína é determinado por um conjunto de três nucleotídeos denominado códon. (SNUSTAD; SIMMONS, 2013, p. 310).

² O código genético é quase **universal**, isto é, com poucas exceções os mesmos aminoácidos são codificados pelos mesmos códons em todos os seres vivos; e chamado de **degenerado**, porque todos os aminoácidos, exceto dois, são especificados por mais de um códon (SNUSTAD; SIMMONS, 2013, p. 310).

³ Tanto em procariotos, quanto em eucariotos o códon AUG é usado para iniciar as cadeias polipeptídicas. Três códons UAA, UAG e UGA especificam o término da cadeia polipeptídica. Esses códons são reconhecidos por fatores de liberação de proteínas e não por RNAt Nos eucariotos um único fator de liberação reconhece os três códons de término (SNUSTAD; SIMMONS, 2013, p. 312-313).

Figura 2. A- Imagem do papel que servirá para representar a base nitrogenada guanina antes e depois do recorte. B- Esquema da base nitrogenada guanina com suas respectivas dimensões.
Fonte: A autora 2018

Partindo do princípio que a base nitrogenada guanina (G) é complementar de citosina (C), basta a inversão do mesmo molde para se recortar em outra cor de papel a base citosina. Neste modelo optamos pela cor azul. A partir de uma folha dobrada em oito partes iguais teremos para cada folha de papel oito retângulos representativos de uma base. As demais cores de papel para representar as bases seguem o mesmo procedimento. Ao final teremos todas as bases disponíveis para montar as moléculas componentes do modelo. Uma observação importante para evitar erros é escrever com pincel atômico a inicial de cada base nitrogenada somente após a montagem das moléculas. A seguir a figura 3 ilustra as bases após o recorte:

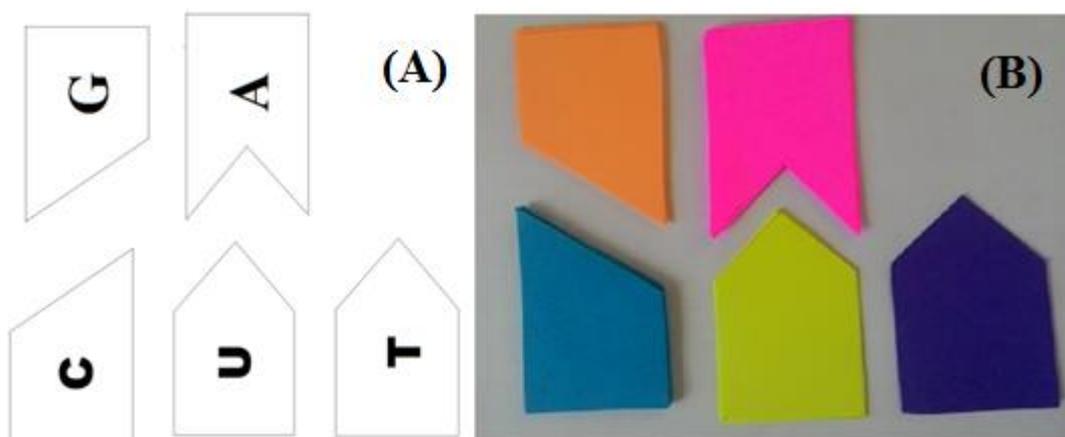


Figura 3. A-Esquema das cinco bases nitrogenadas. B- Fotos dos papéis recortados que representarão as bases nitrogenadas componentes do modelo.
Fonte: A autora, 2018.

3.5.4.2 Montagem da molécula de RNA mensageiro

O início da montagem da molécula se dá com o encaixe dos retângulos coloridos que representam as bases nitrogenadas na face colante da fita crepe, voltada para cima. Este encaixe deve ser feito pela extremidade reta dos retângulos coloridos obedecendo a sequência de bases do RNA mensageiro previamente esquematizada à parte. A outra extremidade encaixável dos retângulos de papel fica livre. Cada retângulo deve ser fixado deixando um pequeno espaço entre o próximo. Ao final teremos pequenos intervalos de aproximadamente 0,2 mm entre cada retângulo colorido, de maneira que não fiquem juntos um do outro e nem afastados demais. A figura 4 apresenta o esquema dessa montagem:

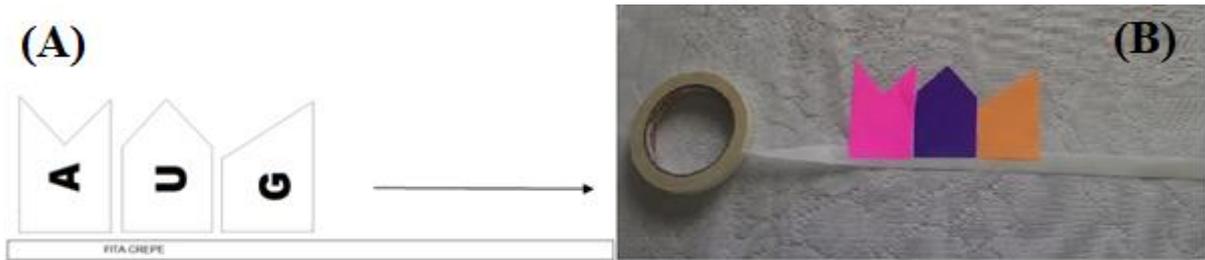


Figura 4. A-Esquemática do início da montagem da molécula de RNA mensageiro com o encaixe das primeiras três bases nitrogenadas, a seta indica a continuidade da colocação das outras bases nitrogenadas. Foto correspondente ao início da montagem da molécula de RNAm (observe que a face adesiva da fita está virada para cima).

Fonte: A autora 2018.

A partir da continuidade da montagem de todas as bases nitrogenadas correspondentes aos códons específicos do RNAm teremos ao final uma molécula representativa do RNAm. A observação da molécula de RNA corresponde a figura 5:

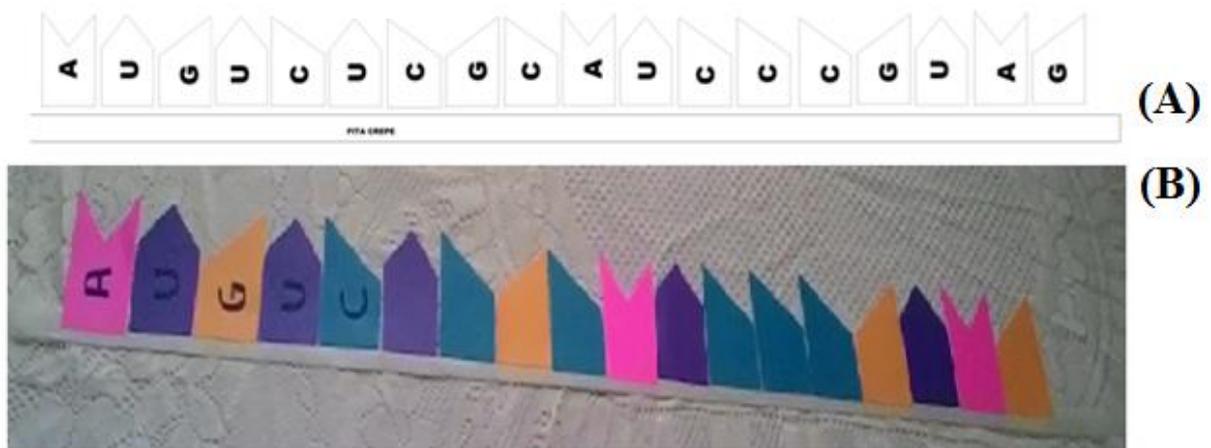


Figura 5. A-Esquemática completa de todas as bases componentes da molécula de RNAm. B- foto da molécula com todas as bases devidamente montadas.

Fonte: A autora, 2018.

É importante reforçar novamente que o ideal é colocar as iniciais das bases somente ao final da montagem completa da molécula. Após a conferência de que todas as bases estão dispostas na sequência correta sobre a fita crepe, o próximo passo é fixar outro pedaço de igual tamanho por cima fita montada. O pedaço de fita de cima é colocado com a face adesiva para baixo de modo que os retângulos de papel (bases) fiquem presos entre dois pedaços contínuos da fita crepe. Desta forma, o segundo pedaço de fita adesiva aderido sobre o primeiro serve para “selar” o conjunto prendendo os retângulos coloridos. A montagem das iniciais das bases nitrogenadas e do segundo pedaço de fita adesiva pode ser visualizada na figura 6.

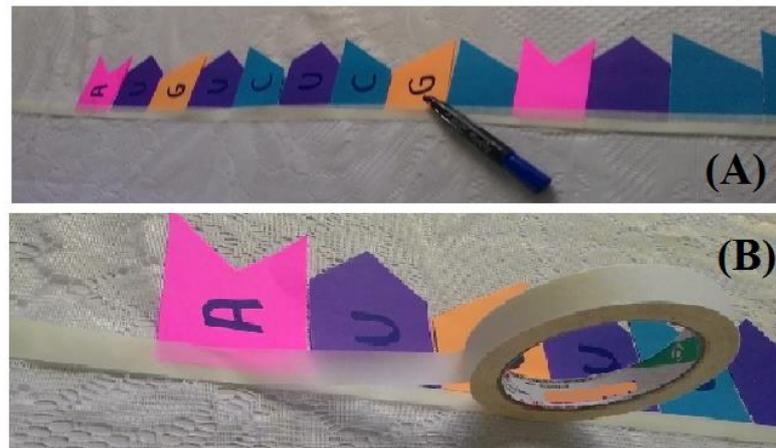


Figura 6. (A) Escrita das iniciais de cada base nos retângulos com pincel atômico. (B) Colagem de fita adesiva sobre o primeiro fragmento contendo os retângulos coloridos.

Fonte: A autora, 2018.

3.5.4.3 Montagem das moléculas de DNA

A partir da molécula de RNA mensageiro modelada, o próximo passo é construir a primeira cadeia da molécula de DNA de maneira complementar. De acordo com Snustad e Simmons (2013) existem casos, como por exemplo - os retrovírus, em que a molécula de RNA é utilizada como molde para a produção de uma molécula de DNA complementar, o processo denominado transcrição reversa é catalisado por uma enzima específica – a transcriptase reversa.

Para construção da molécula de DNA do modelo tomaremos como base a transcrição reversa, ou seja, construiremos DNA a partir de RNA. As bases nitrogenadas colocadas no DNA são complementares aquelas que se encontram na molécula montada (RNAm), mas no lado oposto. Desta maneira serão montados os retângulos de papel colorido em um pedaço de fita crepe contínua. Destacamos que a base complementar da adenina (A) é a timina (T), pois o DNA não possui a base nitrogenada uracila (U), mas citosina (C) continua sendo complementar de guanina (G). O início da construção pode ser visualizado na Figura 7:

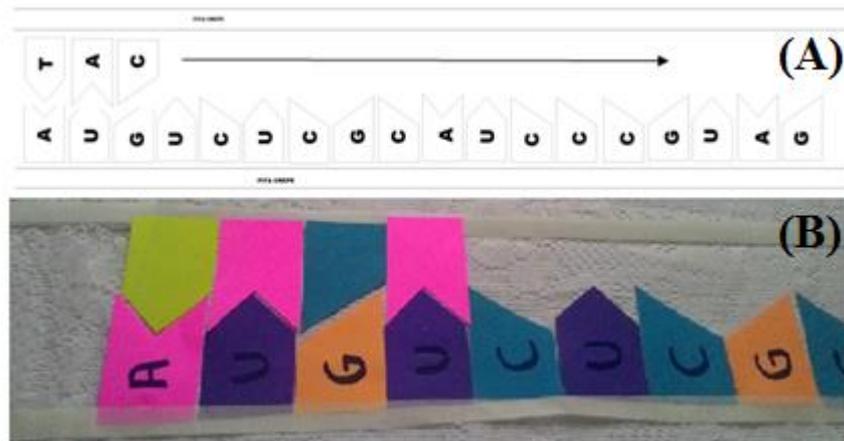


Figura 7. A- Esquematização das bases a serem montadas no início de uma das fitas da molécula de DNA. A seta indica o sentido da montagem das próximas bases. B- Início da montagem dos retângulos coloridos do modelo que representa a primeira cadeia da molécula de DNA.

Fonte: A autora, 2018.

Com a construção da primeira cadeia da molécula de DNA, em um novo pedaço contínuo de fita adesiva serão dispostos os retângulos de papel colorido que representarão as bases complementares. Após a finalização da modelagem da segunda cadeia representativa da molécula de DNA se verifica que ela é similar ao modelo que representa a molécula de RNA mensageiro. A distinção entre ambas é que no modelo representativo da segunda cadeia da molécula de DNA existe a presença de uma cor diferente de retângulo que representa a base nitrogenada timina (T) e no modelo do RNAm a outra cor de retângulo representa a uracila (U). A figura 8 ilustra a molécula de DNA que possui cadeia dupla:

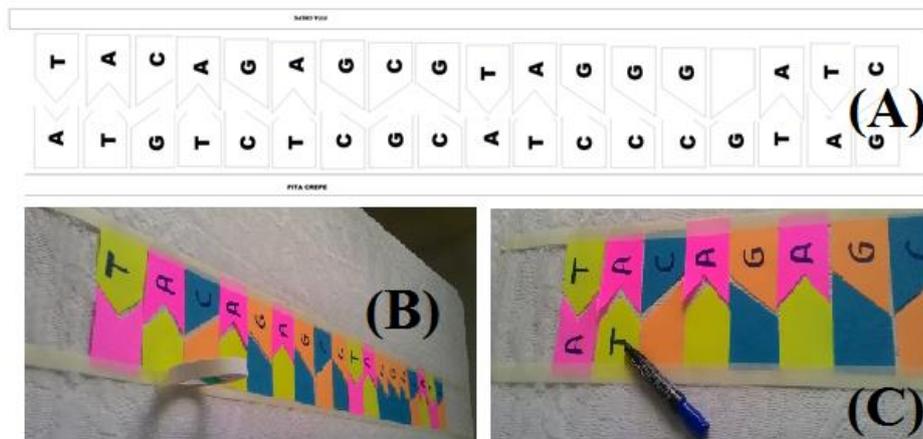


Figura 8. (A) Esquematização da molécula de DNA com todas as bases constituintes do modelo. (B) Colagem do segundo pedaço de fita adesiva para prender os retângulos de papel. (C) Finalização do modelo com a escrita das iniciais das bases nitrogenadas.

Fonte: A autora 2018.

3.5.4.4 Montagem das moléculas de RNAs transportadores

Cada um dos cinco modelos representativos das moléculas dos RNAs transportadores também terão suas bases (retângulos coloridos) complementares ao modelo representativo da molécula de RNAm. Assim, serão confeccionadas a partir da montagem de três bases nitrogenadas complementares àquelas presentes na molécula de RNA mensageiro. A cada códon (conjunto de três bases presentes no RNAm) representados por três retângulos coloridos serão acrescentados outros três retângulos complementares que representam os anticódons⁴ presentes no RNAt. O molde da estrutura representativa do RNAt em forma aproximada de uma haste na qual serão fixados os retângulos coloridos está disponível (Apêndice 2). Para finalizar cada um dos cinco modelos as extremidades dos retângulos representativos do anticódon são envolvidas por ambos os lados ao recorte de papel que representa cada RNAt. A figura 9 ilustra o modelo do RNA transportador correspondente ao aminoácido metionina:

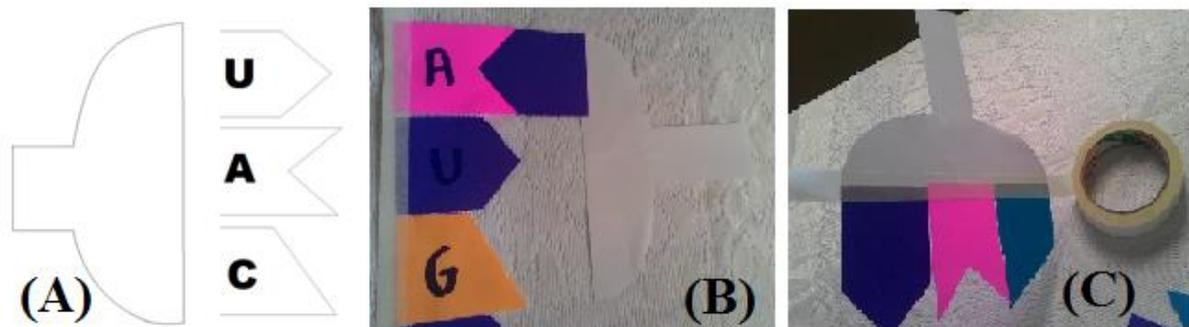


Figura 9. (A) Esquematização da molécula de RNA transportador com o anticódon correspondente ao aminoácido metionina. (B) Montagem do modelo representativo desta molécula de RNAt. (C) Finalização da montagem da molécula de RNAt com fita adesiva.
Fonte: A autora 2018.

Cada um dos cinco RNAs transportadores devem ser montados a partir da montagem das bases complementares ao RNA mensageiro. Após a montagem de todos eles será feito o molde do fator de término UAG que possui partes encaixáveis correspondentes as bases AUC.

O fator de término pode ser confeccionado a partir da junção do molde do RNA transportador aos moldes das bases nitrogenadas complementares, em uma única folha de papel, de maneira contínua sem a montagem de retângulos coloridos. O fator de término representativo neste modelo foi UAG, então o modelo a ser recortado de forma contínua no papel terá sua forma complementar como ilustrado na figura 10:

⁴ A alça do meio de cada RNAt é chamada de alça do anticódon porque leva uma trinca de nucleotídeos chamada de **anticódon**. Essa sequência é complementar ao códon para o aminoácido levado pelo RNAt (SNUSTAD; SIMMONS, 2013, p. 283).



Figura 10. (A) Modelagem do fator de término a partir de folha de papel tamanho A4 na cor verde. (B) Fator de término recortado de forma encaixável ao códon UAG da molécula de RNAm. (C) Esquemática do fator de término finalizador da cadeia polipeptídica do modelo didático. Fonte: A autora 2018.

3.5.4.5 Modelagem dos aminoácidos

Para a utilização do modelo didático é necessário ainda a montagem dos aminoácidos. Eles são representados por círculos de papel colorido ou branco com raio de aproximadamente 7,5 cm. Portanto, uma folha de papel tamanho A4 poderá ser dobrada em seis partes iguais. Em uma das faces deve ser traçado um círculo e em seguida fazer o recorte. Para finalizar, escreve-se com pincel atômico a abreviação do nome do aminoácido de acordo com a tabela do código genético. São constituintes do modelo aqui apresentado os seguintes aminoácidos com suas abreviações: metionina – Met.; serina – Ser.; arginina – Arg.; isoleucina – Iso.; e prolina – Pro. A figura 11 ilustra os aminoácidos representativos do modelo didático:

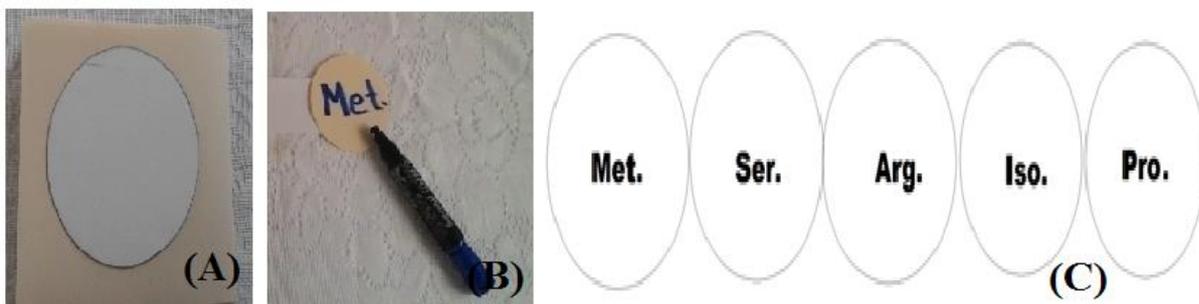


Figura 11. (A) Folha de papel tamanho A4 dobrada em seis partes que servirá para recorte dos círculos representativos dos aminoácidos. (B) Escrita das iniciais do aminoácido metionina com pincel atômico. (C) Esquemática dos aminoácidos componentes do modelo com suas respectivas iniciais. Fonte: A autora 2018.

Para a exposição do conteúdo a partir da utilização do modelo, cada círculo de papel que representa um aminoácido deve ser preso com um pequeno pedaço de fita crepe ao seu respectivo RNA transportador. Desta maneira, cada aminoácido deve ser fixado ao RNAt onde está o anticódon que se encaixará na molécula de RNAm. Por exemplo, para a leitura do

primeiro códon, a molécula de RNA transportador correspondente a metionina se dirige ao ribossomo carregando o aminoácido metionina. Este RNA transportador possui o anticódon UAC que é complementar ao primeiro códon da molécula de RNAm (AUG). A figura 12 ilustra o processo que se repetirá com os demais aminoácidos:

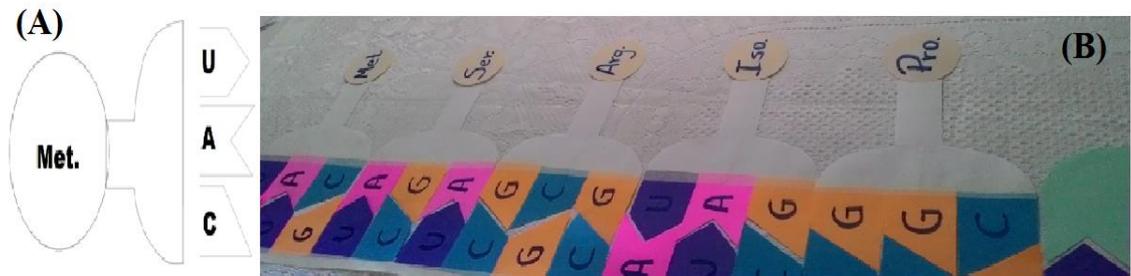


Figura 12. (A) Esquematização da molécula de RNA transportador conectada ao aminoácido metionina. (B) Modelos representativos dos RNAs transportadores conectados a seus respectivos aminoácidos e encaixados à molécula de RNAm.

Fonte: A autora, 2018.

3.5.4.6 Modelagem do ribossomo

O modelo conta ainda com o aminoácido adaptado a partir do molde do modelo intitulado “*Síntese de Proteínas*” da autora Myriam Krasilchik (1986, p. 45). Após sugestões foi inserido no modelo os sítios ativos do ribossomo.

O ribossomo, segundo Griffiths; Wessler e Carroll (2011), possui o *sítio A* (aminoacil) relacionado diretamente ao início da síntese proteica, *sítio P* (peptidil) onde ocorre o alongamento da cadeia proteica, e o *sítio E* (de saída) o que se relaciona com a liberação do RNAt do ribossomo. Cada sítio ribossômico tem sua atuação durante a formação de uma nova proteína. Neste modelo didático destacamos o sítio P por estar diretamente relacionado ao alongamento da cadeia proteica e local de reconhecimento do códon pelo RNAt.

O modelo representativo do ribossomo pode ser confeccionado a partir de papel colorido convencional ou com papel mais grosso e resistente. Durante a aula onde o processo de síntese proteica é simulada ocorre o manuseio dinâmico do modelo didático. A parte representativa da molécula de RNAm deverá perpassar o local representativo dos sítios ativos do ribossomo ou vice-versa. Se o papel do modelo representativo do ribossomo não for resistente, as aberturas recortadas para a passagem do modelo que representa a molécula de RNAm poderão se romper facilmente. Em virtude disso, é importante que o papel utilizado para a confecção do ribossomo possa oferecer resistência ao manuseio e não se rasgar com facilidade.

Para a aplicação do modelo junto aos participantes, inicialmente o ribossomo foi confeccionado a partir de papel chamex colorido e de acordo com o molde do modelo intitulado “*Síntese de Proteínas*” da autora Myriam Krasilchik (1986, p. 45). Após a finalização da pesquisa o modelo do ribossomo foi melhorado, a partir de várias sugestões, no intuito de tornar-se o mais próximo possível da realidade. O modelo final de ribossomo foi confeccionado a partir de papel cartão com as dimensões 50 cm por 66 cm, aproveitando-se o máximo da largura e comprimento do papel. Na figura 13 estão dispostos os modelos:

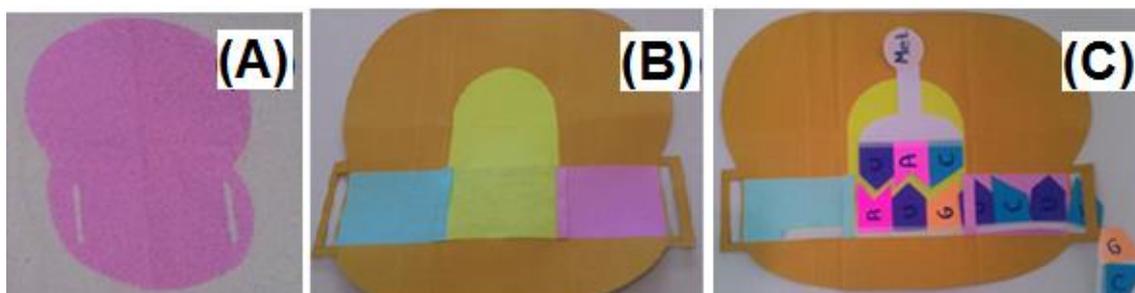


Figura 13. (A) Modelo inicial representativo do ribossomo construído a partir do molde da autora Miriam Krasilchik (1986). (B) Modelo representativo do ribossomo com destaque de recortes coloridos representando os três sítios ativos. (C) Modelo final representativo do ribossomo acoplado aos modelos representativos das moléculas de RNAm e RNAt.

Fonte: A autora, 2018.

Para a confecção do modelo representativo do ribossomo, utilizou-se o papel cartão com face única visando a maior durabilidade e resistência do mesmo, ao final da construção do modelo o papel foi recortado à mão livre no intuito de formar duas regiões arredondadas.

A parte de cima (maior) representando a subunidade 50S do ribossomo e a parte inferior (menor) para representar a subunidade 30S. Os sítios ativos foram feitos com papel colorido nas cores rosa (sítio A), amarelo (sítio P) e verde (sítio E). Os sítios A e E foram feitos com dois retângulos de papel nas dimensões 11cm por 19 cm. O sítio P foi feito com papel nas dimensões 11cm por 29 cm com as bordas superiores arredondadas no intuito de representar o local de interação entre os RNAs mensageiro e transportador.

Os retângulos de papel podem ser colados no centro do papel cartão a uma distância de aproximadamente 4 cm da borda e 9 cm da base do mesmo. Primeiro à direita o retângulo rosa, ao centro o retângulo amarelo de bordas arredondadas, e por último o retângulo verde. É importante deixar sobras de aproximadamente 4 cm de bordas nas laterais do papel cartão.

Para finalizar o modelo serão feitas aberturas retangulares nas laterais das bordas que foram deixadas no papel cartão com dimensões aproximadas de 11 cm por 2 cm. Tais aberturas servirão para que o modelo representativo da molécula de RNAm seja inserido durante o manuseio do modelo. Visando permitir que o modelo representativo do RNAm

fique preso ao modelo do ribossomo durante o manuseio que representa a simulação do processo de síntese proteica foram inseridas “alças” de papel. Estas alças foram confeccionadas a partir de duas tiras de papel na mesma cor dos sítios A e E, com 4 cm por 20 cm dobrada de forma a ficar com as dimensões de 2cm por 20 cm. Antes de colar nos sítios A e E as alças devem ter as pontas dobradas e coladas de forma que se encaixem sobre os mesmos sítios. Os detalhes do modelo descrito podem ser visualizados na Figura 14.

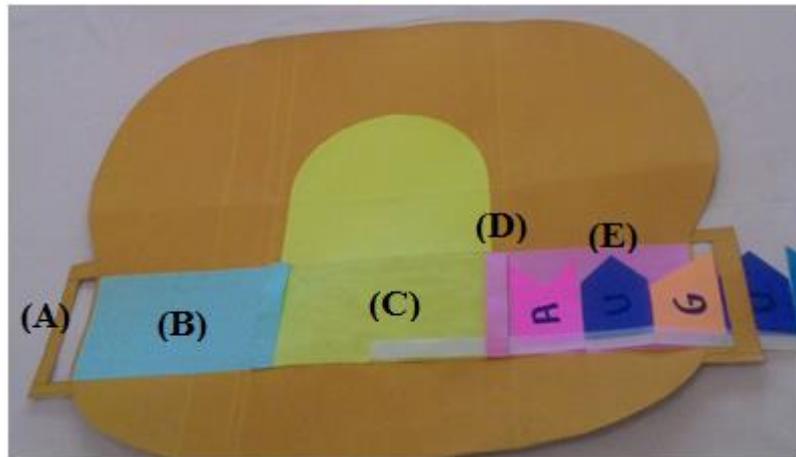


Figura 14. Detalhes do modelo de Ribossomo: (A) Abertura lateral do ribossomo para saída do RNAm. (B) Sítio E do ribossomo. (C) Sítio P do ribossomo. (D) Alça de papel na cor do sítio A. (E) Sítio A do ribossomo com o modelo que representa o primeiro códon do RNAm encaixado.
Fonte: A autora, 2018.

4. Avaliação da oficina de modelagem

A avaliação é uma etapa imprescindível no trabalho pedagógico, pois, permite realizar uma reflexão acerca do processo desenvolvido, verificando o alcance dos objetivos propostos. O intuito de avaliar a oficina visa principalmente a reflexão sobre essa atividade. Isto poderá ser feito de maneira contínua durante o decorrer do desenvolvimento das atividades ou ao final da oficina.

Ao acompanhar de forma direta os professores participantes da formação, o professor formador avalia a participação ativa dos mesmos, pode direcionar suas ações e esclarecer as possíveis dúvidas. Para isso, faz-se necessário que haja segurança, preparo teórico e planejamento prévio do professor formador. Uma regra imprescindível neste preparo é a modelagem prévia do material antes de ministrar a oficina.

A execução da modelagem favorece ao professor formador o desenvolvimento das habilidades necessárias a uma boa orientação dos participantes. E também possibilita ao mesmo ter disponível a estrutura física, ou seja, o modelo didático a ser apresentado no início da oficina.

Ao avaliar a oficina o professor formador poderá utilizar instrumentos diversificados como avaliação escrita enfatizando as contribuições, fragilidades da formação e possíveis sugestões dos participantes. Poderá ser feita a apresentação do modelo construído por cada um dos participantes ou grupos. Dentre outros instrumentos poderá se optar pela roda de conversa onde os participantes socializam de maneira verbal suas opiniões e dúvidas ou sugestões acerca da oficina de forma crítico-reflexiva.

5. Explorando o Modelo Didático - algumas possibilidades da utilização para o ensino de Genética

O modelo didático proposto pode ser um recurso metodológico se para trabalhar o ensino de Genética em diversos níveis de conhecimento. Ele possui características físicas específicas que são ideais para a abordagem introdutória sobre os ácidos nucleicos (DNA e RNA) na segunda fase do ensino fundamental (9º ano). Também pode funcionar como uma metodologia motivadora para a compreensão de alguns conteúdos de Genética tais como os processos de “Replicação, Transcrição e Tradução” que são o “Dogma Central” da Biologia, muito importantes tanto no ensino médio, como nos cursos de graduação.

O entendimento da estrutura da dupla hélice da molécula de DNA e dos aspectos históricos que a envolve merecem destaque no ensino e aprendizagem. Em relação ao processo de construção do modelo da molécula de DNA, Mesquita et al. (2017) destacam que:

Entendemos ser esse um contexto que permeia a formação científica tanto na Educação Básica como no Ensino Superior, no campo das ciências biológicas, e que os conceitos desenvolvidos a partir da elaboração da dupla hélice são basilares à compreensão de conhecimentos relacionados à genética, à citologia, à evolução, dentre outros (MESQUITA et al., 2017, p. 599).

5.1 Proposição de objetivos para utilização do modelo como recurso didático

Podemos destacar que o modelo didático proposto possui a possibilidade de trabalho diversificado. Os conteúdos a serem desenvolvidos podem envolver desde as características estruturais das moléculas de DNA e RNA até os mínimos detalhes referentes aos processos de replicação, transcrição, tradução e expressão gênica, dentre outros. Caberá ao docente propor objetivos a serem alcançados para o nível de ensino a ser atendido e adequar o modelo didático à finalidade proposta em seu planejamento.

5.1.1 Objetivos para o Ensino Fundamental (9º ano)

Em relação ao Currículo Referência da Rede Estadual de Goiás (SEDUC, 2013), nas disciplinas de Ciências podemos destacar as seguintes expectativas de aprendizagem:

Eixo Temático – Corpo Humano e Saúde.

- ✓ Conhecer os constituintes básicos da célula e a função desempenhada por eles e destacando o núcleo como a sede do controle das funções celulares e da transmissão de características genéticas.
- ✓ Identificar o DNA como a substância que forma os cromossomos e que os genes são segmentos de DNA onde estão armazenadas as informações genéticas.

5.1.2 Objetivos para o Ensino Médio.

Na Matriz de Referência de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (ENEM, 2016), as seguintes competências e habilidades poderão ser propostas para a utilização do modelo didático:

- ✓ Competência de área 4 – Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.
- ✓ H15 – Interpretar modelos e experimentos para explicar fenômenos ou processos biológicos em qualquer nível de organização dos sistemas biológicos.

Em relação ao Currículo Referência da Rede Estadual de Goiás (SEDUC, 2013), nas disciplinas de Biologia podemos destacar para a 1ª série do Ensino Médio a expectativa de aprendizagem a seguir:

Eixo temático – Origem da vida.

- ✓ Identificar as moléculas e substâncias químicas fundamentais dos seres vivos e compreender as características físicas e químicas das mesmas.

Dentre outros objetivos que podem ser propostos a partir da utilização do modelo didático temos:

- ✓ Compreender a relação entre DNA, código genético, fabricação de proteínas e a determinação das características hereditárias dos organismos (LAGES; FERREIRA, 2011).
- ✓ Identificar a natureza do material hereditário em todos os seres vivos, analisando sua estrutura para avaliar a universalidade dessa molécula no mundo vivo (LAGES; FERREIRA, 2011).

- ✓ Aprofundar os conhecimentos sobre a estrutura do material genético;
- ✓ Compreender o fluxo da informação genética;
- ✓ Conhecer os mecanismos de controle da expressão gênica;
- ✓ Identificar o material genético e entender a estrutura e a organização do gene até a expressão fenotípica.

5.2 Conteúdos que podem ser abordados a partir da utilização do modelo didático:

- ✓ Genética – 9º ano do Ensino Fundamental (Currículo Referência da Rede Estadual de Goiás, SEDUC (2013)): célula – núcleo; cromossomos e genes; divisões celulares e hereditariedade; biotecnologia em debate - células-tronco e transgênicos.
- ✓ Genética – 1º e 3º anos do Ensino Médio (Currículo Referência da Rede Estadual de Goiás SEDUC (2013)): Base molecular da vida - constituintes da vida (proteínas e ácidos nucleicos); Temas atuais – Bioengenharia e Bioética (Engenharia Genética, Clonagem, Silenciamento Gênico, etc.).
- ✓ Genética no Ensino Superior: estrutura dos ácidos nucléicos; genes e genomas procarióticos e eucarióticos; replicação do DNA; transcrição e processamento de RNA; código genético e síntese de proteínas; natureza do material genético e ação dos genes.

5.3 Propostas de metodologias

A metodologia a ser desenvolvida pelo docente deverá se adequar aos objetivos propostos, aos conhecimentos prévios dos estudantes e às características específicas de cada turma. O ideal em qualquer nível de conhecimento é a introdução do conteúdo a partir de um texto que aborde o assunto de maneira a contextualizar o conteúdo e sondar os conhecimentos prévios que os estudantes trazem acerca da temática. Por se tratar de conteúdos que podem ser considerados complexos e abstratos, uma parte introdutória é importante. Após a leitura do texto escolhido, poderá ser feita uma socialização do mesmo com discussão e diálogo acerca do assunto de maneira a introduzir e problematizar o conteúdo.

Algumas sugestões de textos para a introdução e problematização do assunto são:

✓ *Como é feito o teste de DNA para determinar a paternidade?*

Trata-se de um texto simples e curto, mais adequado para o ensino fundamental. Disponível em: <http://mundoestranho.abril.com.br/tecnologia/como-e-feito-o-teste-de-dna-para-determinar-a-paternidade/>. Acesso em 23 de agosto de 2016.

✓ *Qual a diferença entre DNA, gene e cromossomo?*

É um texto mais curto e também poderá ser utilizado para introdução do assunto ao nível de ensino fundamental. Encontra-se disponível em: <http://mundoestranho.abril.com.br/ciencia/qual-a-diferenca-entre-dna-gene-e-cromossomo/>. Acesso em 23 de agosto de 2016.

✓ *DNA: o que mudou na vida do Homem?*

Um texto com maior riqueza de detalhes que poderá servir como parte introdutória para contextualização do conteúdo no ensino médio ou superior. Disponível em: http://ambientes.ambientebrasil.com.br/biotecnologia/artigos_de_biotecnologia/dna%3A_o_que_mudou_na_vida_do_homem%3F.html. Acesso em 05 de fevereiro de 2018.

✓ *Cara de um, cromossomo de outro.*

Um texto em forma de artigo completo publicado em uma revista da qual podem ser utilizados pequenos trechos ou o mesmo na íntegra. Disponível em: <http://revistagalileu.globo.com/Galileu/0,6993,ECT516782-1719,00.html>. Acessado em 05 de fevereiro de 2018.

Após a parte introdutória, onde se espera que haja a problematização e contextualização do conteúdo poderão ser desenvolvidas aulas com metodologia expositiva explicativa dialogada a partir da apresentação, manuseio e exploração do modelo didático. Algumas questões norteadoras que poderão ser abordadas a partir da utilização do modelo didático são:

- ✓ **Em relação a estrutura das moléculas de DNA e RNA:** Quais as bases nitrogenadas presentes em cada tipo de molécula? Como estão emparelhadas (combinadas)? Quantas pontes de hidrogênio ligam essas bases no DNA? Quais as diferenças básicas principais entre as moléculas de DNA e RNA? Onde são encontradas nos eucariotos e procariotos? Qual a constituição básica de cada molécula? Quais os tipos de moléculas de RNA que existem? Onde estas moléculas atuam?

- ✓ **Processo de Replicação do DNA:** O que é a replicação? Qual a importância deste processo? Em que local ocorre? Como acontece o processo? Quais as enzimas envolvidas e suas respectivas funções? Por que ele é definido como “semiconservativo”?
- ✓ **Transcrição do DNA:** O que é transcrição? Qual a importância deste processo? Em que local ocorre e como acontece? Quais as enzimas envolvidas e suas respectivas funções? Qual o destino da molécula formada a partir da transcrição do DNA? É possível a obtenção de uma molécula de DNA a partir de apenas uma molécula de RNA?
- ✓ **Síntese proteica ou processo de tradução:** O que são códon e anticódon? Quais as características básicas dos ribossomos? Como acontece a síntese proteica? Quais as enzimas envolvidas no processo de síntese proteica? O que são os aminoácidos? Por que o “código genético é degenerado”? Qual a estrutura básica das proteínas? Qual a importância da síntese proteica? Qual o destino das proteínas produzidas?

As questões supracitadas são apenas sugestivas, outras poderão ser aprimoradas e/ou simplificadas pelo docente no intuito de adequação à exposição dos conteúdos durante as aulas. Para enriquecer o processo de ensino e aprendizagem e favorecer uma aprendizagem significativa do tema poderão ser utilizados pequenos vídeos disponíveis na internet e também animações⁵ que simulam todos os processos abordados.

Através do *link* de animação sugerido o docente poderá optar pela animação de todos os conteúdos abordados pelo modelo didático clicando no item “*Visão geral da função celular – O que sua célula fará hoje?*”, ou escolhendo individualmente os processos de replicação, transcrição e tradução a partir do item “*DNA- estrutura, transcrição e tradução do RNA*”. A utilização do recurso de simulação poderá servir para melhorar o aprendizado, fixar melhor os conteúdos e revisar o que foi explicado através de aula expositiva.

Existe uma grande disponibilidade de vídeos na internet sobre o tema aqui abordado. Cabe ao docente visualizar e escolher previamente o que melhor se adequa à sua realidade pedagógica. Algumas sugestões que abordam o assunto de maneira completa (replicação, transcrição e tradução) são:

⁵Uma sugestão de animação (simulação) sobre os conteúdos estão disponibilizados para livre acesso em um link da Universidade Federal da Paraíba no seguinte endereço eletrônico: <http://www.johnkyrk.com/index.pt.html>.

- ✓ *Transcrição e tradução do DNA* (duração de 6:15). Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=uHv1KG_heJU. Acesso em 05 de fevereiro de 2018.
- ✓ *From DNA to protein - 3D* (duração de 2:41). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=gG7uCskUOrA>. Acesso em 05 de fevereiro de 2018.
- ✓ *Do DNA à Síntese Proteica* (duração de 3:30). Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=7WesB3Ll_To. Acesso em 05 de fevereiro de 2018.

Ao final do trabalho sobre o conteúdo, caso haja disponibilidade de tempo e o docente tenha interesse poderá ser trabalhado o filme de ficção científica “*GATTACA*”. O resumo da história do filme poderá ser acessado no seguinte endereço:

<http://www.cienciaviva.pt/projectos/genoma2003/filme.pdf>. Acesso em 05 de fevereiro de 2018.

Também destacamos que existem muitas outras sugestões de aulas sobre a temática disponíveis em:

<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/buscaGeral.html?q=aula%20sobre%20DNA>. Acesso em 05 de fevereiro de 2018.

5.4 Sugestões de Avaliação

Ao final do trabalho com o modelo didático, o docente poderá fazer a escolha de um instrumento de avaliação que seja capaz de indicar dados relativos ao processo de ensino e aprendizagem. Existem muitas formas de avaliar uma intervenção didática, as mais adequadas devem priorizar entre outros fatores, as características específicas do público avaliado que somente o professor é capaz de reconhecer.

Algumas sugestões que podemos fazer incluem: avaliação contínua através da observação da participação e inteiração dos estudantes durante o desenvolvimento das atividades de ensino; avaliação oral ou escrita enfatizando os aspectos abordados nas questões norteadoras; avaliação através de desenhos ou esquemas; socialização das ideias dos estudantes sobre o assunto com a produção coletiva de um mesmo texto; pesquisas de temas atuais relacionados à biotecnologia com posterior apresentação dos mesmos em forma de

cartazes, painéis, modelos didáticos construídos pelos estudantes, etc.; e dentre outros instrumentos a modelização realizada em grupos pelos estudantes com a apresentação final de um modelo didático similar.

Em relação a modelização destacamos que se faz necessário uma maior demanda de tempo. Poderá ser modelado um protótipo similar ao modelo aqui descrito diminuindo as dimensões do mesmo. O docente poderá designar a pequenos grupos de estudantes (máximo cinco integrantes) ou duplas, os códonos de cinco aminoácidos distintos daqueles aqui apresentados e um dos três fatores de término. Nesta atividade a sugestão é que todo o modelo seja construído com os mesmos passos da oficina, com exceção do modelo do ribossomo. Ao final os estudantes entregarão os modelos das moléculas de DNA, RNAm e RNAt conectados a seus respectivos aminoácidos e também o fator de término dentro de um envelope para posterior conferência e correção pelo professor.

A modelagem é uma forma de aprendizado que apesar de exigir um planejamento minucioso pelo professor e maior disponibilidade de tempo em sua execução, poderá trazer resultados positivos para o aprendizado.

6. Considerações Finais

À cada profissional que se prepara para ingressar no mundo do trabalho ou àqueles já atuantes, cabe o desafio do aprimoramento contínuo, no intuito de promover uma ação qualitativa em seu trabalho, na sociedade em que atua ou em seu convívio pessoal. Com o constante e contínuo avanço no meio tecnológico e científico do mundo globalizado em que estamos inseridos, o aprimoramento constante é desafiador e requer coragem, ação e dedicação.

A partir deste contexto, a proposição de um trabalho como o aqui apresentado, se constitui apenas como uma das muitas alternativas que são disponibilizadas para aqueles que visam atualização e efetividade em sua prática, pois favorece a vivência de experiências didático-pedagógicas. A ampliação dos horizontes que circundam a atuação docente é muito extensa e diversificada, portanto, sua busca apesar de imprescindível deve ser meticulosa.

Um aspecto de destaque para o aprimoramento docente é a articulação entre teoria e prática, que para muitos se faz um desafio. A dissociação entre estas duas instâncias pode ocasionar resultados insatisfatórios e inconstantes no trabalho docente. Portanto, a proposição de uma oficina de modelagem apresenta como finalidade alargar o círculo do conhecimento teórico e prático do professor.

Finalizamos este trabalho visando ter oportunizado a vivência de uma experiência didático pedagógica que possibilite um melhor ensino e aprendizagem de conteúdos de Genética. Esperamos que a ideia proposta seja apenas uma sugestão de trabalho inicial que é passível de adaptações, transformações, melhorias e aprimoramento do trabalho docente.

7.Referências

BAPTISTA, Geilsa Costa Santos. A Importância da Reflexão Sobre a Prática de Ensino para a Formação Docente Inicial em Ciências Biológicas. **Revista Ensaio**, v. 5, n. 2, out., p. 04-12. 2003.

DELLA JUSTINA, Lourdes Aparecida; FERLA, Marcio Ricardo. A Utilização de Modelos Didáticos no Ensino de Genética – Exemplo de Representação de Compactação do DNA Eucarioto. **Arq. Mudi**. Maringá, v. 10, n.2, p. 35-40, 2006.

DUSO, Leandro; CLEMENT, Luiz; PEREIRA, Patrícia Barbosa; ALVES FILHO, José de Pinho. Modelização: uma possibilidade didática no ensino de Biologia. Belo Horizonte: **Revista Ensaio**, v. 15, n. 02, p. 29-44, maio-ago, 2013.

ENEM 2016 – **Exame Nacional do Ensino Médio**. INEP - Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Ministério da Educação. Disponível em: http://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/downloads/2012/matriz_referencia_enem.pdf. Acessado em março de 2017.

GRIFFITHS, Anthony J.; WESSLER, Susan R.; CARROLL, Sean B. **Introdução à Genética**. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011.

JUSTI, Rosária; GILBERT, John K. Modelling, teachers' view on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. **International Journal of Science Education**, 24, 369-387, 2002.

KRASILCHIK, Myriam. **Prática de Ensino de Biologia**. 2 ed. São Paulo: HARBRA, 1986.

LAGES, Marília Dias; FERREIRA, Maria de Fátima Lages. **Biologia: ensino médio**. Belo Horizonte: Pax Editora e Distribuidora, 2011.

MASTELARI, Tânia Belizario; ZÔMPERO, Andreia de Freitas. Oficina de aprendizagem: uma proposta metodológica na formação do estudante do ensino médio. **Revista Investigações em Ensino de Ciências**, v. 22, n. 3, 2017. Disponível em <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/23> Acesso em 13/01/2018.

MESQUITA, Nyuara A. da Silva; OLIVEIRA NETO, José F. de; OLIVEIRA, Aline P. de; e MORAES, Christianne de Lima B. A dupla hélice do DNA: história revisitada à luz da epistemologia kuhniana. **Revista Conjectura: Filosofia e Educação**, Caxias do Sul, v. 22, n. 3, p. 598-616, set./dez. 2017. Disponível em: <http://www.ucs.br/etc/revistas/index.php/conjectura/article/view/5152/pdf>. Acesso em 02/02/2018.

PAGANINI, Paula; JUSTI, Rosária; MOZZER, Nilmara Braga. Mediadores na construção do conhecimento de ciências em atividades de modelagem. **Revista Ciência e Educação**, Bauru, v. 20, n. 4, p. 1019-1036, 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v20n4/1516-7313-ciedu-20-04-1019.pdf>, acessado em 27 de novembro de 2017.

PAVIANI, Neires Maria Soldatelli; FONTANA, Niura Maria. Oficinas pedagógicas: relato de uma experiência. **Revista Conjectura**, v. 14, n. 2, maio/ago., 2009. Disponível em: <http://www.ucs.br/etc/revistas/index.php/conjectura/article/view/16/15>. Acesso em 02/02/18.

PAZ, Alfredo Müllen da; ABEGG, Ilse; ALVES FILHO, José Pinho; OLIVEIRA, Vera Lúcia Bahl de. Modelos e Modelizações no Ensino: um estudo da cadeia alimentar. **Revista Ensaio**, v. 08, dez. de 2006.

PIETROCOLA, Maurício. Construção e Realidade: O Realismo Científico de Mário Bunge e o Ensino de Ciências através de Modelos. **Revista Investigações no Ensino de Ciências**, v. 4, n.3, p. 213-227. Florianópolis, 1999.

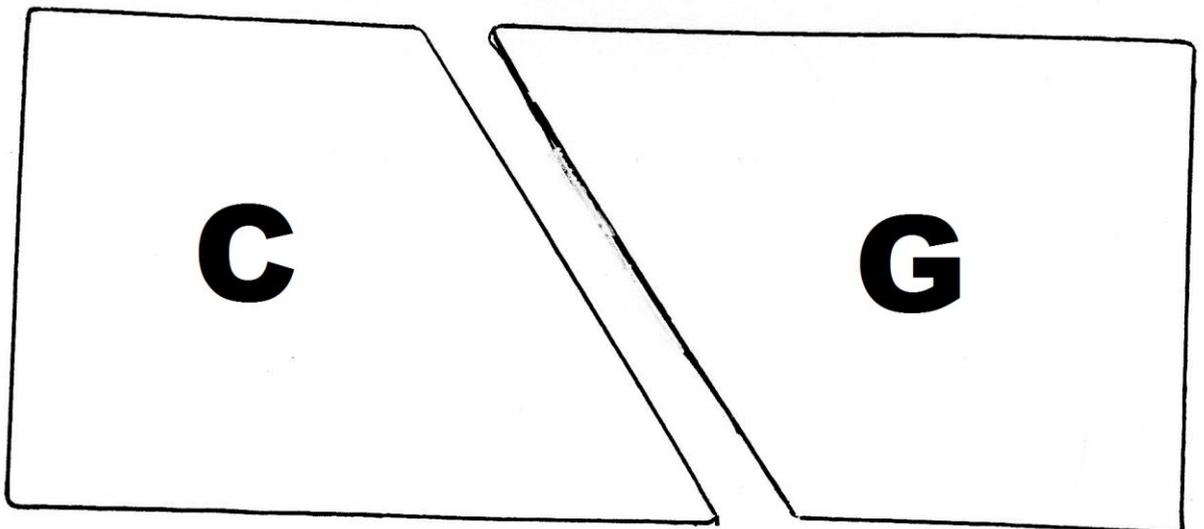
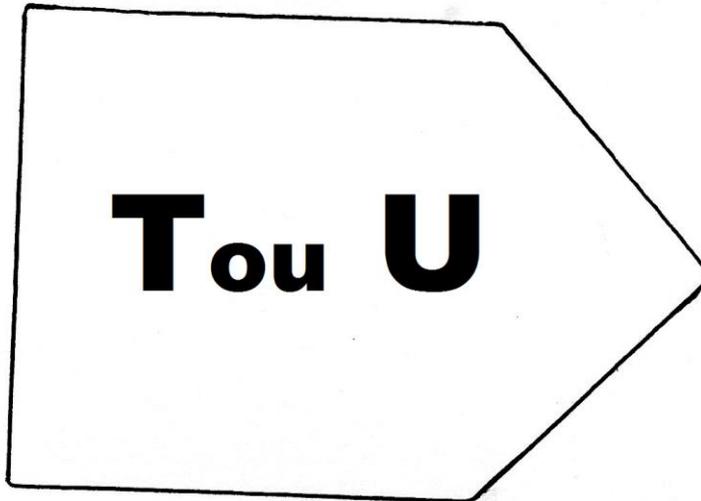
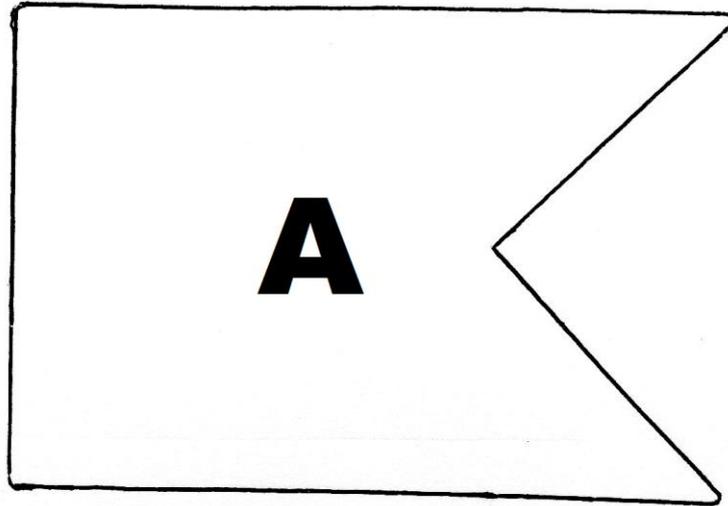
SEDUC - Secretaria de Estado da Educação. **Currículo Referência da Rede Estadual de Educação de Goiás**. Goiânia, 2013.

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

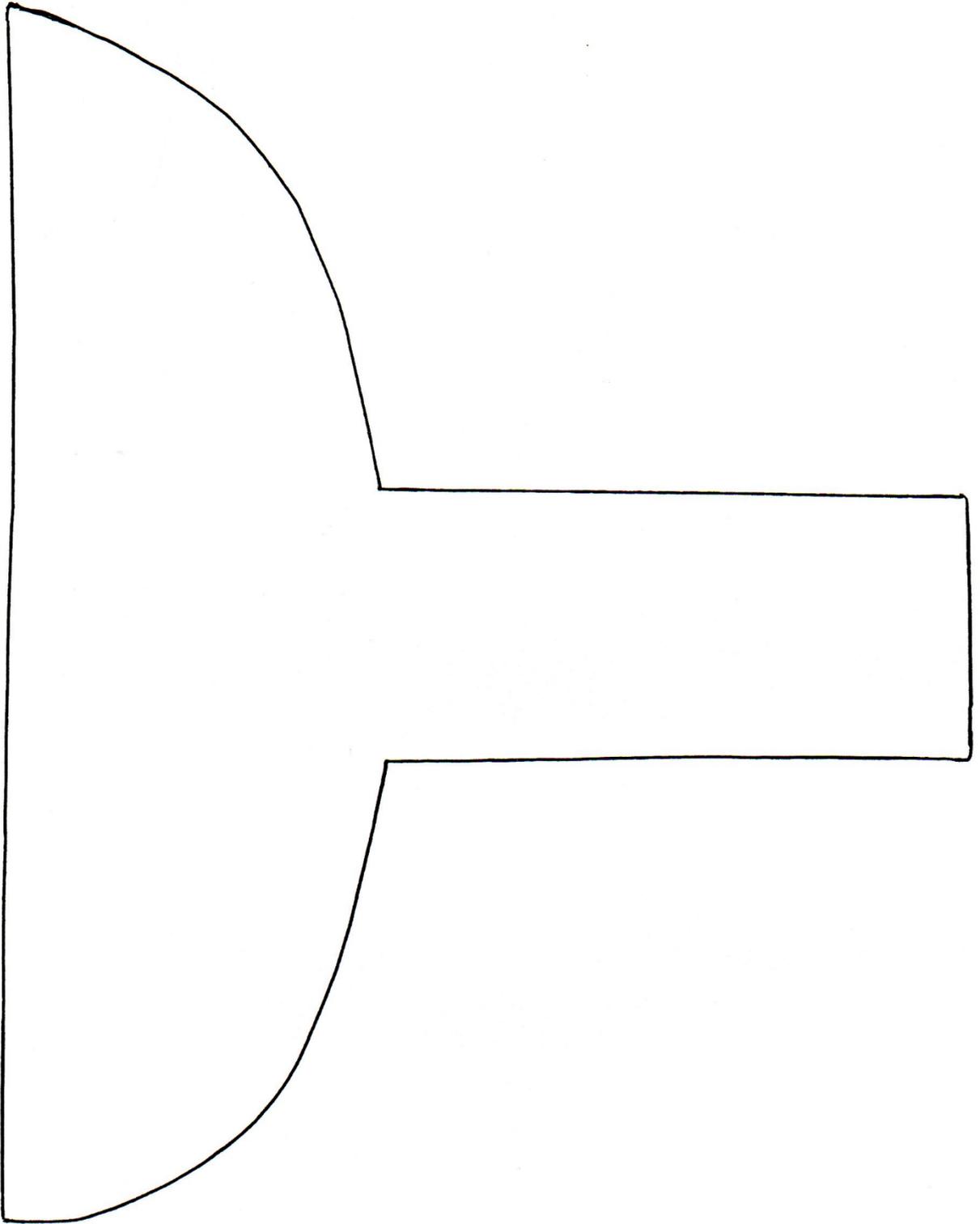
VIEIRA, Elaine; VOLQUIND, Léa. *Oficinas de ensino? O quê? Por quê? Como?* 4. Ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2002.

8. Apêndices

Apêndice1. Formato dos moldes dos retângulos representativos das bases nitrogenadas.



Apêndice 2. Formato do molde da estrutura que representa o RNA transportador.



9. ANEXO

Anexo 1. Tabela de códons.

| | | 2ª LETRA | | | | | | | | 3ª LETRA |
|----------|---|----------|--------------|-----|----------|-----|---------------|-----|------------|------------------|
| | | U | | C | | A | | G | | |
| 1ª LETRA | U | UUU | Fenilalanina | UCU | Serina | UAU | Cisteína | UGU | Cisteína | U C A G |
| | | UUC | Fenilalanina | UCC | Serina | UAC | Cisteína | UGC | Cisteína | |
| | | UUA | Leucina | UCA | Serina | UAA | Fim | UGA | Fim | |
| | | UUG | Leucina | UCG | Serina | UAG | Fim | UGG | Triptofano | |
| C | C | CUU | Leucina | CCU | Prolina | CAU | Histidina | CGU | Arginina | U C A G |
| | | CUC | Leucina | CCC | Prolina | CAC | Histidina | CGC | Arginina | |
| | | CUA | Leucina | CCA | Prolina | CAA | Glutamina | CGA | Arginina | |
| | | CUG | Leucina | CCG | Prolina | CAG | Glutamina | CGG | Arginina | |
| A | A | AUU | Isoleucina | ACU | Treonina | AAU | Asparagina | AGU | Serina | U C A G |
| | | AUC | Isoleucina | ACC | Treonina | AAC | Asparagina | AGC | Serina | |
| | | AUA | Isoleucina | ACA | Treonina | AAA | Lisina | AGA | Arginina | |
| | | AUG | Metionina | ACG | Treonina | AAG | Lisina | AGG | Arginina | |
| G | G | GUU | Valina | GCU | Alanina | GAU | Ác. Aspártico | GGU | Glicina | U C A G |
| | | GUC | Valina | GCC | Alanina | GAC | Ác. Aspártico | GGC | Glicina | |
| | | GUA | Valina | GCA | Alanina | GAA | Ac. glutâmico | GGA | Glicina | |
| | | GUG | Valina | GCG | Alanina | GAG | Ac. glutâmico | GGG | Glicina | |

Referência:

KRASILCHIK, Myriam. **Prática de Ensino de Biologia**. 4 ed. São Paulo: EDUSP, 2004.