

USO DE MODELOS DIDÁTICOS NO ENSINO DE GENÉTICA: ESTRATÉGIAS METODOLÓGICAS PARA O APRENDIZADO

THE USE OF DIDACTIC MODELS IN THE GENETICS TEACHING: METHODOLOGICAL STRATEGIES FOR THE LEARNING

Leandro Pereira Rezende¹
Sâmea Cristina Santos Gomes²

Resumo

Devido à dicotomia entre teoria e prática no ensino de genética, os alunos vêm enfrentando, ao longo do tempo, dificuldades na assimilação dos conceitos básicos. Objetivou-se utilizar modelos didáticos que facilitem a aprendizagem de temas sobre Genética com alunos da terceira série do Ensino Médio. O estudo foi realizado em uma Escola Pública da rede estadual de ensino, no município de Grajaú-MA. Participaram do estudo 31 alunos da 3ª série do Ensino Médio. Foram utilizadas, em sala de aula, atividades com materiais de fácil reprodutibilidade pelos alunos e professor, enfatizando os temas abordados em Genética. Ao realizar aulas utilizando os materiais didáticos, pode-se perceber as vantagens de aliar a teoria à prática, garantindo assim a oportunidade dos alunos participarem ativamente das aulas formulando questões, expressando ideias, interagindo com os grupos e, sobretudo, buscando soluções para os problemas propostos.

Palavras-chave: Ensino. Genética. Material didático. Estratégia metodológica.

Abstract

Due to the dichotomy between theory and practice in the teaching of genetics, the students have been facing, throughout the time, difficulties to assimilate the basic concepts. Thus, the objective was to use teaching models that facilitate the learning of themes about Genetics with students of the third grade of High School. The study was carried out in a Public School of the state school system, in the municipality of Grajaú-MA. Thirty-one high school students participated in the study. Activities with materials of easy reproducibility were used by the students and their teacher, emphasizing the topics covered in Genetics. By taking classes using easily reproducible teaching materials, the advantages of combining theory with practice were realized, thus ensuring the opportunity for students to participate actively in class, formulating questions, expressing ideas, interacting with groups and, above all, seeking Solutions to the proposed problems.

Key words: Teaching. Genetics. Courseware. Methodological strategy.

¹ Mestrando em Genética evolutiva e Biologia Molecular pela Universidade Federal de São Carlos. Foi Professor do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual do Maranhão - Campus Balsas (2015-2017), atuando nas Disciplinas de Ecologia e Recursos Naturais, Genética Agrônômica e Sistemática Vegetal. Graduado em Ciências com Habilitação em Biologia. Bacharel em Zootecnia. Especialista em Ensino da Genética pela Universidade Estadual do Maranhão.

² Doutoranda em Saúde Coletiva (UFMA). Mestre em Saúde Coletiva (UFMA). Professora Auxiliar do curso de Medicina da UFMA campus Imperatriz. Especialista em Educação Inclusiva. Licenciada em Biologia. Bacharel em Enfermagem.

Introdução

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB nº 9.394 de 1996) refere-se ao Ensino Médio como etapa final na Educação Básica sendo, portanto, pautado no sentido de se produzir um conhecimento efetivo, de significado próprio, não somente estabelecido em âmbito teórico (BRASIL, 1997). Em concordância com a LDB, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) para o Ensino Médio estabelecem que, mesmo não sendo um ensino profissionalizante, esta etapa de ensino deve efetivamente propiciar um aprendizado útil à vida e ao trabalho, no qual as informações, os conhecimentos, as competências, as habilidades e os valores desenvolvidos sejam instrumentos reais de percepção, satisfação, interpretação, julgamento, atuação, desenvolvimento pessoal ou de aprendizado permanente (BRASIL, 2000).

Entretanto, as assertivas relatadas pela LDB e pelos PCN parecem não terem saído do papel, principalmente quando os autores Carboni e Soares (2001) e Santos et al., (2010) sinalizam que os conteúdos de Genética são considerados um dos mais difíceis da Biologia na visão dos alunos. Considerando tal afirmativa, é relevante relatar que uma melhor forma de abordar tais conteúdos seria com atividades práticas que auxiliem a compreensão por parte dos alunos, indo de encontro ao proposto pela LDB e PCN ao garantir uma aprendizagem significativa e um pensamento crítico sobre genética.

De um modo geral, ensinar biologia é uma tarefa complicada, pois se trata de uma disciplina que necessita de contextualização e problematização dos conteúdos abordados. Desta forma, corroborando com o referido pela LDB e PCN, o pensamento crítico e a autonomia intelectual dos alunos precisam ser trabalhados, para que eles sejam capazes de relacionar o conhecimento teórico adquirido, nas diversas áreas biológicas, com o seu dia-a-dia (ANDRADE et al., 2011; SETUVAL, BEJARANO, 2009).

A genética, subárea do ensino de biologia, permite inúmeras relações interdisciplinares, ao se mostrar fundamental para explicar e compreender diversos conceitos e fenômenos como: os relacionados à evolução, conhecimentos de hereditariedade e mecanismos de herança propostos por Mendel, entender o funcionamento de vários processos fisiológicos e até mesmo os mecanismos de ação de certas doenças, visto que, a genética está atrelada a biologia molecular, sendo necessário que os alunos compreendam as estruturas celulares, suas organelas, suas moléculas e correlacionem as suas funções com a genética (JUSTINA, RIPEL, 2003).

O ensino de Genética, no Ensino Médio, necessita de novas abordagens que proporcionem, aos alunos, uma melhor aprendizagem dos conceitos abordados, tais como, a expressão e regulação gênica, conteúdo que, é pouco ou quase nunca abordado em sala de aula,

devido aos livros didáticos, que em sua maioria, não abordarem o tema (SCHEID, DELIZOICOV, FERRARI, 2005).

Os conceitos abordados no ensino de Genética, de acordo com Santos e Silva (2011), não são bastante compreensíveis, sendo necessárias práticas que auxiliem no aprendizado dos alunos. Dessa forma, abordagens metodológicas inovadoras que envolvam arte, modelos e jogos mostraram-se promissoras para melhorar a qualidade do ensino e facilitar a transmissão dos conteúdos, permitindo assim a apropriação do aluno do novo tema abordado.

O uso destes modelos permite ofertar, ao aluno, de forma lúdica, informação genética de diferentes formas, contribuindo massivamente para a sua aprendizagem. Dessa forma, os alunos produzindo o seu próprio material de diferentes formas terão maior oportunidade de construção de conhecimento.

As práticas pedagógicas para o ensino de Genética, nas Escolas de ensino médio, têm sido incoerentes com a expectativa de aprendizagem do educando, uma vez que o ensino se constitui basicamente de teoria e pouca contextualização. Assim, o uso de novas metodologias de ensino, baseadas em um trabalho que permita ao aluno aprender, construir o seu próprio conhecimento e adquirir um pensamento crítico, faz-se necessário.

Nesse sentido, objetivou-se utilizar modelos didáticos que facilitassem a aprendizagem de conceitos básicos e termos importantes de Genética com alunos da terceira série do Ensino Médio.

Material e Métodos

O trabalho foi realizado na Escola Estadual Centro de Ensino Dimas Simas Lima, localizada no bairro Canoeiro, no município de Grajaú – Maranhão com 31 alunos de uma turma da 3ª série do ensino médio, do turno vespertino. Durante o desenvolvimento do trabalho, os alunos foram acompanhados, para averiguar seu desenvolvimento e aprendizado durante a pesquisa, com aplicação de questionário antes e após a aplicação dos modelos, participação ativa dos alunos durante a aula, capacidade de apresentar os modelos para a turma, e capacidade de expressão antes e após a aplicação dos modelos.

O conhecimento teórico por parte do aluno é de grande valia para trabalhar com os modelos didáticos, sendo assim, o professor deve desenvolver estes conteúdos com os alunos em aulas teóricas ou mesmo promover o conhecimento junto à realização das práticas. Durante as atividades os conceitos trabalhados em genética foram: expressão gênica, dogma central da biologia, e regulação da expressão gênica; posteriormente, os alunos montaram as maquetes com

o material disponibilizado pelo professor e com o auxílio dos roteiros para construção dos modelos didáticos realizados em sala de aula.

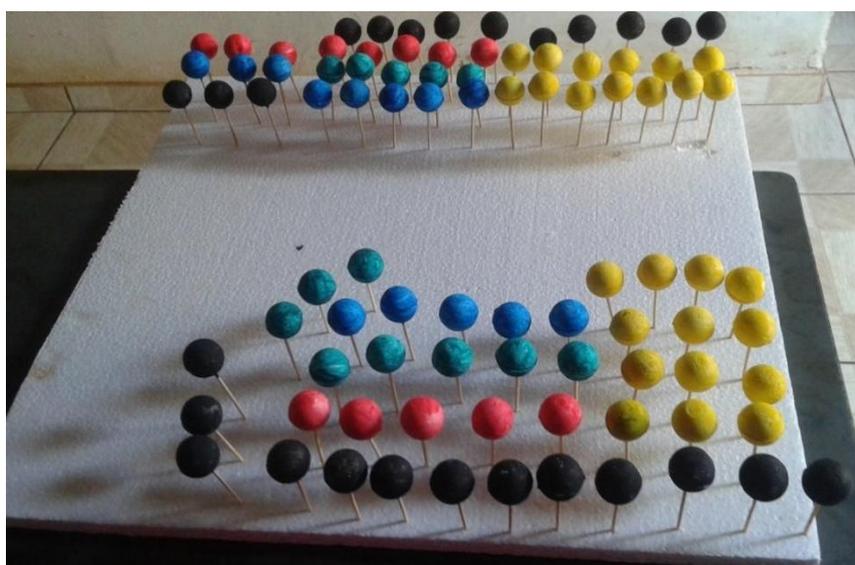
A maioria dos alunos desconhecem os mecanismos de expressão gênica, visto que tal assunto não é trabalhado no ensino médio pela falta de tais conteúdos nos livros didáticos, o que acarreta na ausência de aulas relacionadas e a defasagem do conhecimento por inteiro dos assuntos relacionados e dependentes. Esse conteúdo é fundamental para que os alunos compreendam como a genética atua na vida dos seres vivos. Os genes são as unidades fundamentais para que ocorra a manifestação do fenótipo, e entender o conceito de gene, onde eles estão localizados, como se organizam, como são transcritos e traduzidos, é de grande valia para que o dogma central da biologia seja conhecido.

Atividades realizadas

1 Estrutura da fita de DNA, transcrição e replicação do DNA.

A estrutura da fita de DNA foi moldada com base no modelo da Coletânea de Aulas práticas do Programa Darcy Ribeiro da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), 2011, com o auxílio de bolinhas de isopor pintadas em diferentes cores (azul, verde, vermelha, preta, branca e amarela), palitos de dente e uma placa de isopor (Figura 01), os alunos foram divididos em grupos e iniciaram a montagem da fita de DNA.

Figura 01: Material didático utilizado pelos alunos para montagem da estrutura de dupla-hélice do DNA. As bolinhas de isopor em diferentes cores foram utilizadas para representar as bases nitrogenadas, na cor preta para representar o grupo fosfato, os palitos de dente como ligação entre bases nitrogenadas, e ligações de hidrogênio, e a placa de isopor como suporte para montagem do modelo didático.



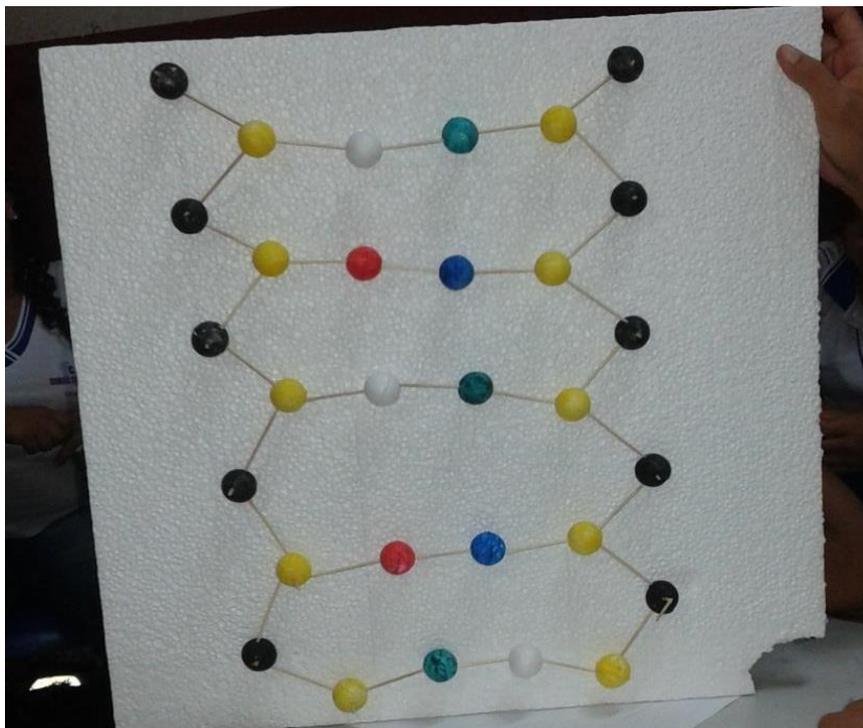
Fonte: Dados da Pesquisa

As bolinhas de isopor foram utilizadas para as representações de base nitrogenadas, grupo fosfato e pentose. Os palitos de dente para representar as pontes de hidrogênio entre as bases nitrogenadas, ligações da pentose com bases nitrogenadas e ligação fosfodiéster entre pentose e grupo fosfato, e para fixar a estrutura na placa de isopor.

Os alunos foram orientados a montar primeiro os nucleotídeos, visto que a estrutura do DNA é organizada em nucleotídeos (uma pentose, uma base nitrogenada e um grupo fosfato). Durante a organização do material (Figura 02) os alunos utilizaram as bolinhas pretas para representação do grupo fosfato, as amarela - pentose, branca - timina, verde - adenina, vermelha - citosina e azul - guanina. A escolha das cores representantes dos grupos funcionais dos nucleotídeos foi feita pelos alunos.

Com o uso dos palitos de dente os alunos puderam configurar uma estrutura química com a ligação entre os componentes do nucleotídeo e entre as bases nitrogenadas formando uma cadeia antiparalela do DNA no sentido 5' \rightarrow 3' e a 3' \rightarrow 5' complementar.

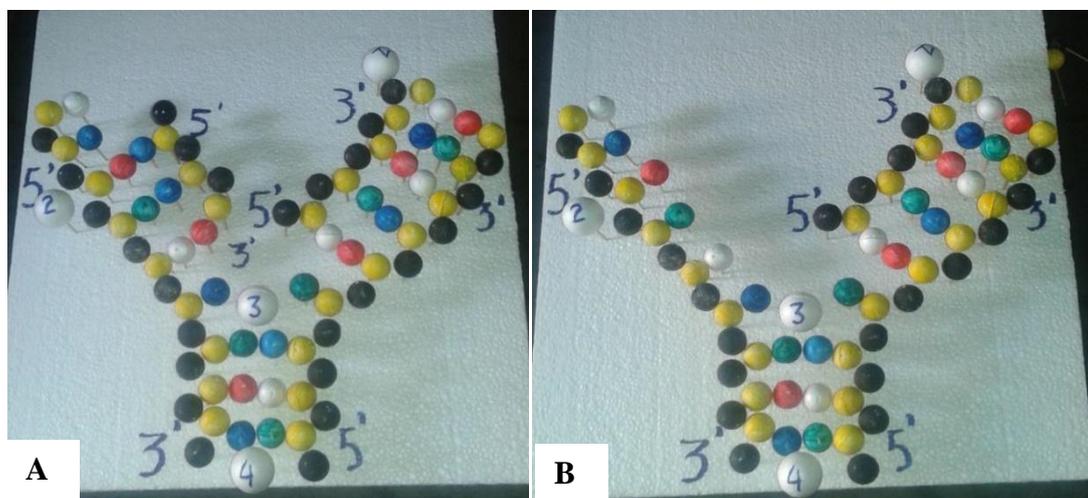
Figura 02: Representação da estrutura química do DNA montada com o auxílio de bolinhas de isopor e palitos de dente. Bolinhas pretas: grupo fosfato; bolinhas amarelas: pentose; bolinhas verde, branca, azul e vermelha: bases nitrogenadas; palitos de dente: ligações de hidrogênio e ligação fosfodiéster.



Fonte: adaptado de COLETÂNEA DE AULAS PRÁTICAS. Programa Darcy Ribeiro. Editora UEMA, 2011.

Após a compreensão da estrutura e composição química do DNA, os alunos montaram um modelo didático para representação da Replicação do DNA e Transcrição do RNA (Figuras 03A e 03B, respectivamente).

Figura 03: Modelo didático utilizado para demonstrar replicação do DNA (a) e transcrição do RNA (b). Em A, pode ser visualizada a forquilha de replicação da dupla fita, sendo sintetizada no sentido 5'→3' e um fragmento de Okazaki no sentido 3'→5'. Em B, pode-se verificar a abertura da fita dupla de DNA e um pequeno fragmento de RNA sendo sintetizado no sentido 5'→3'. As bolas brancas numeradas em a e b representam as enzimas utilizadas durante o processo conforme descrito no texto.



Fonte: material didático desenvolvido pelo próprio autor.

A transcrição é orientada no sentido 5'→3', na qual, as bolinhas pretas representam o grupo fosfato e as amarelas – pentoses; No DNA representam a desoxirribose e no RNA a ribose. Após o processo de transcrição tem-se o RNA primário que sofrerá o processamento (*Splicing*), no qual, ocorrerá a retirada dos íntrons e ligação dos éxons. Nesse caso, as bolinhas vermelhas e brancas foram representadas como timina e adenina respectivamente no DNA, sendo que no RNA a vermelha era a uracila. E as verdes e azuis representaram citosina e guanina respectivamente.

As bolas brancas maiores numeradas de 1 a 4, identificavam as enzimas que auxiliam no processo de transcrição do RNA, tais como: 1 – RNA polimerase, 2 – SSB (*single-strand DNA-binding proteins*), 3 – Helicase e 4 – DNA Girase (Topoisomerase).

Em se tratando da replicação do DNA segue a mesma representação, porém a bolinha branca de número 01 representa a DNA polimerase, e a síntese ocorre nas duas fitas, ou seja, ambas são utilizadas como fita molde, já que ao final do processo devem-se ter duas fitas duplas de DNA que serão direcionadas para células filhas. Além disso, a replicação ocorre sempre no sentido 5'→3', para tanto, na fita antiparalela são formados os fragmentos de Okazaki que são iniciados pela RNA polimerase e posteriormente continuados, unidos e corrigidos pela DNA polimerase.

2 Tradução do RNA

Após replicação e transcrição do material genético foi montado um modelo didático para que os alunos compreendessem a tradução do RNA em proteína, cujo modelo de dominó das

proteínas utilizado foi da Coletânea de Aulas práticas do Programa Darcy Ribeiro, 2011 (Figura 04).

Figura 04: Painel utilizado como jogo da tradução proteica confeccionado em cartolina e as peças do dominó confeccionado em papel cartão; o painel com uma fita molde de DNA na primeira linha, sendo cada coluna preenchida com uma base nitrogenada; um RNA mensageiro na segunda linha, sendo cada coluna preenchida com uma base nitrogenada, com a substituição da timina do DNA pela uracila no RNA; uma proteína na terceira linha, sendo cada coluna preenchida com um aminoácido correspondente a trinca do mRNA.



Fonte: COLETÂNEA DE AULAS PRÁTICAS. Programa Darcy Ribeiro. Editora UEMA, 2011.

O painel foi montado com o auxílio de uma cartolina, com as áreas de DNA (Adenina, Timina, Guanina, Citosina), mRNA - RNA mensageiro (Adenina, Uracila, Guanina, Citosina) e Proteínas (20 aminoácidos existentes), na qual cada linha tem seus respectivos espaços para serem preenchidos com as bases nitrogenadas e aminoácidos. Uma peça de mutação, as bases nitrogenadas e os aminoácidos foram feitos em papel cartão.

Para utilização do jogo os alunos foram divididos em grupos (quatro pessoas) e cada um recebeu 10 cartas de bases nitrogenadas (incluindo a peça de mutação), 05 peças de aminoácidos; e iniciaram a montagem do painel. Cada espaço da linha DNA era preenchido com uma base nitrogenada e, a cada três bases no DNA, o RNA poderia ser transcrito com a substituição da timina pela uracila, sendo que a cada três bases no mRNA ocorreria a tradução de um aminoácido.

Ao formar uma trinca de bases no DNA, o aluno que identificar o códon correspondente no mRNA e tiver o aminoácido referente ao códon poderá jogar o aminoácido e as bases nitrogenadas faltantes do mRNA mesmo não sendo a sua vez de jogar. As bases nitrogenadas nunca poderão ser colocadas no mRNA antes de completar a trinca no DNA.

O primeiro aminoácido a ser colocado no tabuleiro deve ser a metionina que é o aminoácido que inicia a tradução (códon AUG), e o aluno que formar um códon de parada no meio da tradução (códon: UAA, UAG e UGA) é eliminado do jogo visto que a proteína é encerrada antes do previsto e fica sem função.

No jogo contém também uma peça de mutação, que serve como carta coringa para os alunos, sendo que é usada para substituir uma base nitrogenada do DNA, que altera a janela de leitura do mRNA e por fim altera o aminoácido, que pode causar alteração da proteína e de suas funções. O jogo ocorre sempre no sentido horário e o primeiro aluno que terminar as cartas, ou aquele que tiver o menor número de cartas quando formar uma proteína ou truncar o jogo vence a partida.

Aplicação de questionários e aula teórica

Os alunos responderam a um questionário previamente elaborado com cinco questões fechadas relacionados aos assuntos de genética molecular antes e após a aplicação dos modelos didáticos. O questionário foi aplicado para realização de diagnóstico de situação, sobre os conhecimentos que os alunos possuíam em relação a genética antes e após aplicação das aulas práticas.

Após a aplicação dos questionários foi ministrada uma aula teórica com projeção de slides e vídeos sobre: expressão gênica e dogma central da biologia. A aula foi necessária para que os alunos compreendessem alguns conceitos abordados durante a realização do trabalho.

Resultados e Discussão

Estrutura e função estão intimamente relacionadas quando se refere aos organismos. Quando se refere à genética, a composição química, estrutura e função estão relacionadas (RAMALHO et al., 2012), visto que, a composição química do material genético é que direciona a formação de proteínas, chegando a uma determinada função dos organismos.

Nesse sentido, os alunos do ensino médio têm uma grande dificuldade em relacionar as estruturas com as funções, visto que possuem um conhecimento limitado das organelas e conceitos básicos, ficando assim, restrito seu conhecimento, sendo necessário relacionar citologia e genética para compreender o dogma central da biologia.

O dogma central da biologia corresponde ao fato da vida ser produzida a partir dos processos de replicação, transcrição e tradução do DNA. A replicação ocorre no momento em que o material genético se duplica e uma célula dá origem a duas. Em nível de indivíduo, diz-se que o material genético foi duplicado quando ele é passado de uma geração a outra. Na segunda etapa, transcrição, o material genético transcreve sua informação para uma fita simples, chamada de RNA, que será traduzida em uma proteína, a terceira etapa. Ou seja, cada RNA mensageiro será usado

como código fonte de uma proteína, que em conjunto com os outros tipos de RNA (transportador e ribossômico) produzirá um polipeptídeo. Todo esse conhecimento foi possível, com a descoberta da estrutura em dupla hélice de DNA, em 1953 por Watson e Crick, que elucidaram a estrutura da molécula do ácido desoxirribonucleico.

Ao trabalhar com alunos do ensino médio acerca dos genes, observamos que metade dos alunos mostrou uma boa compreensão no geral de que genes influenciam nas características fenotípicas, e alguma consciência que isto ocorre porque genes contêm ou proveem informação (LEWIS, LEACH, WOORD-ROBISON, 2000a e 2000b). Entretanto, os alunos ainda não detêm o conhecimento do que é um gene, qual sua função, onde é encontrado e sua relação com o desenvolvimento dos organismos.

Segundo Justina e Ferla (2006) o conhecimento de genética é muito rudimentar em todos os níveis de ensino, desde o público leigo até o nível universitário. É necessário que os alunos possam ter um contato maior com a genética para que este conhecimento seja melhorado. Esse contato é propiciado com os modelos didáticos que, porventura, podem auxiliar os professores que possuem e aqueles que não dispõem de laboratórios e recursos didáticos adequados à aprendizagem, para facilitar a compreensão dos alunos.

A teoria e prática devem estar sempre atreladas, de modo que o aluno ao entender a teoria possa aprimorar seu conhecimento com o uso e construção dos modelos didáticos, isto é, contextualização. A aula teórica seguiu o plano de conceitos básicos utilizados em genética tais como: gene, locus, cromossomo, DNA, RNA, fenótipo, genótipo, dogma central da biologia e a regulação da expressão gênica (constitutiva, induzíveis e repressíveis), com a abordagem dos diferentes tipos de controle (positivo e negativo).

A compreensão dos conceitos básicos (JUSTINA, FERLA, 2006) é essencial ao entendimento das novas tecnologias, genética e biologia molecular. Dentre os conceitos básicos para compreensão das novas tecnologias em genética estão: célula, mitose, meiose, gene, cromossomo, DNA e fluxo da informação genética. As tecnologias usadas em genética são atualizadas a cada ano, e a sua compreensão deve ocorrer junto com as atualizações para serem levadas ao aluno de forma didática, em associação com o senso comum e conhecimento de mundo dos alunos.

De posse dos conhecimentos e conceitos básicos de biologia celular e genética, prosseguiu-se o trabalho com o ensino do dogma central da biologia, qual sua sequência de eventos e onde ocorrem esses eventos, propiciando aos alunos informações necessárias para realização de aula prática. Foi colocada em aula também a expressão dos genes, onde estão presentes, como atuam,

o que fazem, sua importância, porque sua expressão é controlada, quais os mecanismos de expressão, além de ensinar os tipos de expressão de gene (constitutiva, indutiva e repressiva).

A divisão em grupos em sala de aula possibilita a interação entre os alunos e que estes troquem conhecimento e informações adquiridos durante a aula. Machado (2010) afirma que desde criança o trabalho em grupo já deve ser realizado para auxiliar no desenvolvimento da criança.

No que concerne ao trabalho em equipe, Silva e Leal (2004) afirmam que o trabalho em grupo vem sendo um recurso muito utilizado por professores para dinamizar e estimular a participação ativa dos alunos no processo de aprendizagem, com o intuito de promover a interação social entre os membros beneficiando, com isso, a relação entre aprendizado e desenvolvimento.

A representação da estrutura do DNA possibilita ao aluno visualizar sua configuração e permite a assimilação dos assuntos estudados e a correlação entre teoria e prática. Segundo Krause (2012), os modelos tridimensionais reais são capazes de permitir a percepção direta, multi-sensorial dos símbolos, aliviando algumas tarefas cognitivas envolvidas na aprendizagem e facilitando a comunicação de ideias.

Cabe, nesse sentido, uma continuação da ideia anterior, em que Setuval e Bejarano (2009) afirmam que os modelos didáticos são instrumentos sugestivos e que podem ser eficazes na prática docente diante da abordagem de conteúdos que, muitas vezes, são de difícil compreensão pelos estudantes, principalmente no que se refere aos assuntos ligados à genética, especificamente, no ensino de Ciências e Biologia. É o que se percebeu com o uso do modelo da estrutura do DNA, em que os alunos conseguiram compreender melhor a composição química de um nucleotídeo e suas ligações na formação do DNA.

Durante a realização da atividade os alunos puderam escolher as cores representativas das bases nitrogenadas tais como, vermelho, branco, verde e azul para, citosina, timina, adenina e guanina respectivamente, além de preto para grupo fosfato e amarelo para a pentose. As escolhas das cores permitiram que os alunos associassem o material utilizado ao conceito biológico (estruturas químicas), seguindo um padrão na montagem das peças do modelo, ou seja, uma estrutura sempre representava a mesma coisa. Com isso, foi possível verificar se houve aprendizado e compreensão, ou seja, sem a escolha das cores, não haveria como dizer se estava certo ou errado, pois não haveria padrão de pares de bases, ou mesmo formação de nucleotídeos.

Para que os alunos diminuam suas limitações de produzir, além de compreender que é apenas uma representação simbólica do que a tecnologia oferece, Krasilchik (2004) retrata que é importante que eles façam os próprios modelos e projetos. Visto que os objetivos educacionais mais importantes são o desenvolvimento da iniciativa, da capacidade de decidir e da persistência na execução de uma tarefa. Os alunos produzindo o próprio material podem ter autonomia de

mudar o material, utilizar novas fontes, compreender melhor e obter maior êxito na aprendizagem. Tal fato foi verificado quando se decidiu em sala o que cada estrutura representava, e os alunos iniciaram o trabalho em grupo de montagem das estruturas do DNA. Os integrantes do grupo começaram a discutir como seria a melhor forma de apresentar o modelo, a forma correta de formar nucleotídeos e como unir estes a molécula de DNA, além de apontar erros e corrigi-los.

Posteriormente os alunos começaram a montar nucleotídeos, visto que após a aula teórica, os mesmos tinham a concepção da composição química de um nucleotídeo, montando com o auxílio de palitos de dente a união de um grupamento fosfato, uma pentose e uma base nitrogenada. De posse do conceito de nucleotídeo, os alunos tinham capacidade de montar vários nucleotídeos e posteriormente integrar estes a uma fita (estrutura) de DNA. Essas atividades propiciaram o aprendizado de que a fita dupla de DNA é formada por nucleotídeos, como é sua composição química e como estão alocados na dupla hélice.

Para Oliveira (2010) a estratégia de ensino por modelos didáticos possibilita a utilização de outro recurso além do livro adotado, bem como permite o manuseio do material concreto e a visualização, neste caso, da representação do DNA, estimulando a participação dos alunos. A estimulação de participação dos alunos nas atividades foi essencial para evitar a desorganização da sala e proporcionar uma maior atenção dos mesmos nas atividades realizadas, pois eram levantadas questões em sala para que eles respondessem durante a montagem das estruturas, a qual possibilitava que eles mesmos realizassem novos questionamentos. Durante as atividades foram realizados questionamentos como: O que é uma base nitrogenada? Quais são os pares de bases formados no DNA e RNA? Quais as bases presentes nos diferentes ácidos nucleicos? Quantas ligações de hidrogênio estão presentes entre os pares de bases? O que é DNA? O que é RNA? Foi verificada também a capacidade de iniciativa dos alunos no grupo em formar nucleotídeos, questionar se a formação de pares de bases estava correta ou errada, montar a dupla hélice, replicar DNA, transcrever RNA, assim como a capacidade de argumentação durante o domínio das proteínas.

Após isso, os alunos detinham a informação de que o grupamento fosfato se liga a uma pentose e, assim, iniciavam a estrutura do DNA ligando os nucleotídeos, com posterior ligação dos nucleotídeos correspondentes na fita complementar. Ao final da montagem do DNA, os alunos conseguiram visualizar a ligação das bases nitrogenadas adenina – timina e guanina – citosina. Com o modelo montado por eles próprios, se direcionaram à frente da sala para apresentá-los para todos os alunos e explicar cada estrutura. Durante as apresentações, os outros grupos tiveram a oportunidade de comparar seus dados e verificar se tinham erros ou acertos. Ao término das

apresentações, foi montado um modelo para explicar todas as características faltantes não apresentadas pelos alunos.

O uso de uma maquete com a estrutura do DNA possibilita ao aluno compreender o processo de replicação do material genético, entender a organização das fitas antiparalelas do DNA no sistema 5' → 3' e 3' → 5', compreender a sua importância no processo de replicação do DNA e transcrição do RNA.

Durante a replicação do DNA o alunos puderam visualizar que ela ocorre no sentido 5' → 3', para tanto, os alunos deveriam compreender a importância das proteínas e enzimas que atuam durante esse processo, tais como a SSB (que ajudam a manter os nucleotídeos separados, haja vista que não permitem a formação de pontes de hidrogênio), a DNA polimerase (que incluem novos nucleotídeos na cadeia que está sendo sintetizada), Helicase (realiza a abertura das fitas dupla do DNA), Topoisomerase ou DNA Girase (que diminui a tensão exercida sobre a dupla fita e evita o rompimento da fita), DNA ligase (liga os nucleotídeos) entre outras.

Outro processo a ser levado em conta, é a formação dos fragmentos de Okasaki, esses fragmentos são formados na fita descontínua, na qual a RNA polimerase inclui os nucleotídeos, sendo posteriormente retirados pela DNA polimerase e colocados os nucleotídeos correspondentes e ligando os fragmentos, completando a fita.

O modelo permite também realizar a síntese de um mRNA, simulando o processo de transcrição deste para posterior produção de proteínas. É importante deixar claro para os alunos que no RNA uma nova base nitrogenada entra em ação – a Uracila – que substitui a timina.

O modelo utilizado foi importante para despertar a curiosidade dos alunos acerca do assunto, e envolvê-los na aula, possibilitando maior participação. Nesse sentido, Campos Júnior et al., (2009) ressalta sobre como a apropriação e aprendizagem significativa de conhecimentos ocorre quando os mesmos são facilitados de uma forma lúdica, pois os alunos ficam entusiasmados quando recebem a proposta de aprender de uma forma interativa e divertida, resultando em um aprendizado significativo.

Outro modelo utilizado foi o painel de Dominó das Proteínas, em que os alunos escolhiam as bases que formam o DNA, transcreviam o RNA mensageiro e traduziam em proteína. Esta sequência possibilitou ao aluno compreender a expressão dos genes e entender a dimensão de sua importância para o desenvolvimento dos seres vivos, pois, à medida que os seres crescem, e as células se multiplicam e diferenciam, novos genes vão sendo ativados através de novas enzimas.

Os alunos foram orientados a sintetizar primeiro o códon da metionina, o aminoácido inicial das proteínas, e, não sintetizar os códons de parada no meio da cadeia polipeptídica, pois este seria eliminado do jogo. Outro ponto relevante era que o primeiro a se livrar das cartas venceria

o jogo. A carta coringa do jogo era a mutação, pois os alunos poderiam alterar a sequência de bases do DNA e alterar o códon do mRNA, com influência direta sobre a proteína. Os alunos que dominassem todas essas informações e usassem a seu favor no jogo, venceriam o jogo mais rápido e obteriam maior compreensão dos processos biológicos e genéticos referentes ao dogma central da biologia.

Com uma tabela do código genético os alunos compreenderam como jogar corretamente, iniciando com a metionina e formando os pares de bases, porém alguns tinham dificuldade de colocar a uracila substituindo a timina no mRNA, assim como, alguns colocavam códon de parada no meio da cadeia do DNA, sendo eliminado do jogo.

O jogo favorece o aprendizado dos alunos em vários quesitos. Eles poderão aprender: 1 – sobre os pares de bases que são formados com a substituição da uracila no RNA; 2 – Como uma mutação pode alterar e influenciar na expressão de um gene; 3 – Como ocorre um *splicing*; 4 – A importância da metionina e dos códons de parada; 5- E, principalmente, como é sintetizada uma proteína e sua relação com expressão gênica.

Existem muitos conceitos que são de grande valia para que os alunos entendam a expressão gênica, tais como: *splicing*, óperon, íntron, exóns, entre outros, para tanto é necessário que os professores dominem estes assuntos para então transmitir aos educandos, porém muitos professores não detêm essa informação. Dessa forma, durante a exposição da aula teórica e durante a utilização dos modelos didáticos, estes termos foram trabalhados para desenvolver esse conhecimento com os alunos.

Entrevistando professores de escolas de ensino médio e superior Camago et al. (2007) percebeu que parte dos professores desconhecem estes termos: *splicing* (53,5% ensino médio e 19% superior), óperon (43,3% ensino médio e 6% superior), íntron/exón (41,4% ensino médio e 3% ensino superior); Percebe-se assim que cerca de metade dos professores entrevistados desconhece termos de grande relevância na genética, o que interfere na transmissão aos alunos.

Sabendo da dificuldade de ensinar e elucidar a tradução do material genético, Silva et al. (2013) ressaltam que diversas atividades didáticas e lúdicas vêm sendo propostas com o intuito de elucidar que a universalidade do código genético corre porque todos os seres vivos apresentam os mesmos nucleotídeos/ribonucleotídeos como material genético e que em todos, o RNA mensageiro (mRNA), originado após a transcrição do DNA em RNA, é formado por sequências de ribonucleotídeos, os quais são lidos de três em três durante o processo de tradução, sendo estas trincas chamadas de códons.

Comparação das respostas dos alunos antes e após a aplicação dos modelos didáticos

O questionário foi aplicado a 31 alunos divididos entre 20 do sexo feminino e 11 do sexo masculino com idades que variaram entre 16 e 26 anos, sendo a maioria deles com 16 anos (18 alunos). Através da atividade foi possível avaliar o conhecimento que os alunos detinham antes e após o trabalho realizado (quadro 1).

Quadro 1: Descrição das respostas dos alunos obtida através do questionário de 05 questões aplicado antes e após as atividades com os materiais didáticos, para avaliar o domínio de conteúdo.

1. Com relação ao que concerne o dogma central da Biologia:		
Respostas	Antes (%)	Após (%)
Replicação ⑦ Tradução ⑦ duplicação	19,35	3,22
Duplicação ⑦ Transcrição ⑦ Replicação	32,26	0,00
Replicação ⑦ Transcrição ⑦ Tradução	22,58	93,56
Transcrição ⑦ Tradução ⑦ Duplicação	25,81	3,22
Total	100,0	100,0
2. Quando indagados porque as células se diferenciam em raízes, caules, folhas (vegetais), neurônios, fibras musculares, glândulas, penas, bico, escamas, etc. (animais):		
Porque existem diferentes genes nas células	29,03	0,00
Os genes ativos em umas células estão inativos em outras	22,58	100,0
O material genético é diferente em cada célula	35,48	0,00
O código genético é diferente em cada ser vivo.	12,91	0,00
Total	100,0	100,0
3. Outra questão levantada foi referente ao código genético, que é considerado universal para os seres vivos, com algumas exceções. Nesse sentido, questionou-se qual a relação do material genético de um indivíduo com suas proteínas e funções:		
O material genético é responsável pela produção de proteínas	38,71	3,23
O material genético através do código genético codifica a produção de proteínas	32,26	96,77
O código genético produz proteína independente do material genético	16,13	0,00
A produção de proteínas não segue um padrão nos seres vivos.	12,91	0,00
Total	100,0	100,0
4. O organismo controla as diversas reações bioquímicas e todos os processos que ocorrem dentro de si. Para tanto, os alunos foram interrogados sobre o porquê é necessário haver o controle da expressão gênica nos seres vivos:		
Para evitar o gasto de energia e produzir somente as proteínas necessárias	45,16	96,77
Para o organismo produzir proteínas de forma equilibrada	32,25	3,23
Para produzir somente algumas proteínas	12,91	0,00
Para evitar o gasto desnecessário de energia.	9,68	0,00
Total	100,0	100,0
5. Antes da tradução do RNA (ácido ribonucleico) em proteínas, ele é transcrito do DNA, logo após é processado para ser considerado maduro e pronto para ser traduzido. Com essas informações os alunos foram interrogados sobre qual a importância do processamento do RNA após a transcrição:		
É para evitar a produção de RNA igual a outros	12,90	0,00
Para evitar a produção de RNA imaturos e inviáveis	38,71	100,0
Produzir proteínas de boa qualidade	9,68	0,00
Produzir proteínas que as células precisam.	38,71	0,00
Total	100,0	100,0

Com base nas respostas iniciais, percebe-se que os alunos não possuíam conhecimento sobre o que é o dogma central da Biologia, visto que a maioria dos alunos 77,82% dos alunos erraram as respostas enquanto, apenas 22,58% (a minoria) acertaram a sequência correta do processo de transcrição e tradução proteica. Quando se observa a resposta dos alunos após as atividades pode ser verificado que 93,56% dos alunos acertaram a resposta correta.

Com relação à segunda questão, as respostas divergiram bastantes entre si e denotam que os alunos desconhecem o conceito de gene e não sabem como ocorre a expressão gênica. Os resultados de 77,42% demonstram pouco conhecimento de genética molecular, enquanto, 22,58% dos alunos acertaram a resposta, comprovando que é necessário trabalhar o ensino de genética com esses alunos do ensino médio. Após a aplicação dos modelos houve um aumento para 100% de acertos, mostrando a influência dos modelos na aprendizagem dos alunos.

No que concerne ao questionado na pergunta 3, a maioria dos alunos respondeu que o material genético é responsável pela produção de proteínas, o que confere que os alunos têm conhecimento da importância do material genético na síntese de proteína. No entanto, não correlacionaram que o código genético também atua nesse processo, e que é de grande valia para que ocorra tradução, dessa forma, o segundo maior percentual de alunos (32,26%) assinalou a resposta correta. Nesta questão, após os trabalhos práticos, apenas um aluno respondeu esta questão de forma errada, talvez porque não tenha ficado clara a relação de material genético com o código genético e como ambos atuam em conjunto.

Para Justina e Rippel (2003) com o conhecimento limitado de estruturas básicas e conceitos é difícil desenvolver uma compreensão de herança, visto que não conhecem a estrutura, tão pouco sua função e, assim, não traçam um perfil entre citologia e genética.

Com a análise das respostas do questionamento 4, observou-se que 45,16% dos alunos tinham conhecimento de que a regulação da expressão de genes é necessária para que o organismo não gaste energia com proteínas que não serão utilizadas, já os 54,84% não acertaram a resposta, por considerarem que é somente para produzir algumas proteínas. Nesta questão, apenas um aluno errou após as atividades desenvolvidas. Isso pode estar associado ao aluno ainda não diferenciar que o gasto de energia é muito importante para o organismo sendo, dessa forma, utilizados vários meios para diminuir tais gastos, inclusive o controle da expressão dos genes.

Antes da tradução do RNA (ácido ribonucleico) em proteínas, o mesmo é transcrito do DNA, logo após o RNA é processado para ser considerado maduro e pronto para ser traduzido. Com essas informações os alunos foram interrogados sobre qual a importância do processamento do RNA após a transcrição, e, 12,90% dos alunos afirmaram que é para evitar a produção de RNA igual a outros, 38,71% para evitar a produção de RNA imaturos e inviáveis, 9,68% produzir

proteínas de boa qualidade e 38,71% produzir proteínas que as células precisam. Observa-se que muitos alunos assinalaram a resposta correta, ao afirmar que serve para evitar a produção de RNA inviáveis e imaturos, porém, uma quantidade igual afirmou que é para produzir proteínas que as células precisam, denotando que os alunos ainda são confusos com relação aos processos de transcrição e processamento do RNA e tradução em proteínas. Ao comparar com os dados obtidos posteriormente, verifica-se que houve o aumento para 100% de acertos.

Com os questionários aplicados foi possível observar que os alunos possuem carência no ensino de genética, pois poucos conhecem e sabem de genética molecular, uma vez que o ensino médio está voltado para o ensino das leis mendelianas e suas modificações de segregação com poucas abordagens moleculares.

Considerações finais

A realização de aulas práticas em sala de aula faz-se necessário para estimular o interesse do aluno e possibilitar uma maior compreensão dos assuntos abordados na teoria e estimular a contextualização e problematização. Os materiais alternativos possibilitam orientar os alunos e professores a produzirem conhecimento de forma lúdica, compartilhando informações, o que favorece a aprendizagem e o interesse de ambas as partes.

Ao realizar aulas utilizando materiais didáticos de fácil reprodutibilidade, pode-se perceber as vantagens de aliar a teoria à prática, garantindo assim a oportunidade para que os alunos participem ativamente nas aulas, formulando questões, expressando ideias, interagindo com os grupos e, sobretudo, buscando soluções para os problemas propostos.

As atividades desenvolvidas viabilizaram um processo de ensino-aprendizagem em Genética. Tanto para os alunos quanto para os professores envolvidos, houve uma resposta positiva em relação aos conteúdos abordados, e conseqüentemente, ao conhecimento adquirido. Para os alunos houve a possibilidade de verificar como acontece a formação de um fenótipo com a compreensão dos processos de expressão gênica através dos mecanismos do dogma central da biologia. No que tange aos professores, foi possível trabalhar modelos didáticos em sala de aula que possibilitem uma maior capacidade de participação e entendimento por parte dos alunos, e permitam uma maior abordagem dos conteúdos.

Referências

BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional** (Lei nº. 9.394/96). 1997.

_____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Parâmetros Curriculares Nacionais**. 2000.

ANDRADE, D. M. D.; CAETANO, M.; FONSECA, A. L. D.; SILVA, R. A.; FONSECA, G. A.; CAMPOS, R. B. F. A percepção de professores acerca das dificuldades de aprendizagem dos alunos. **Professores em Formação ISEC/ISED**, N° 2, 2011.

CAMARGO, S.S.; INFANTE-MALACHIAS, M.E.; AMABIS, J.M. O Ensino de Biologia Molecular em Faculdades e Escolas médias de São Paulo. **Revista Brasileira de ensino de bioquímica e biologia molecular**, art.A, n° 01, 2007.

CAMPOS JÚNIOR, E. O.; PEREIRA, B.B.; LUIZ, D.P.; MOREIRA-NETO, J. F.; ARANTES, C. A.; BONETTI, A. M.; KERR, W.E. Dominó de mutações cromossômicas estruturais. **Genética na escola**, v. 05, n.02, p. 30-33. 2009.

CARBONI, P.B. SOARES, M.A.M. A genética molecular no ensino médio. Disponível em: <http://www.gestaoescolar.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/producoes_pde/artigo_patricia_berticelli_carboni.pdf>. Acesso em: 08/ abr. 2017.

COLETÂNEA DE AULAS PRÁTICAS. **Programa Darcy Ribeiro**. Editora UEMA, 2011.

JUSTINA, L. A. D.; RIPPEL, R. L. Ensino de Genética: representações da ciência da hereditariedade no nível médio. In: **Anais... IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. 2003.

JUSTINA, L. D.; FERLA, M. R. A utilização de modelos didáticos no ensino de genética – exemplo de representação de compactação do DNA eucarioto. **Arqui Mudi**, 35-40, 2006.

KRASILCHIK, M. **Prática de ensino de biologia**. São Paulo: EDUSP, 2004.

KRAUSE, F. C. **Modelos tridimensionais em Biologia e aprendizagem significativa na educação de jovens e adultos (EJA) no ensino médio**. Dissertação (Mestrado) Universidade de Brasília, Faculdade de Educação, 2012. 186 p.

LEWIS, J., LEACH, J.; WOOD-ROBINSON. All in the genes? – young people’s understanding of the nature of genes. **Journal of Biological Education**. **34** (2). 2000a. p. 74-79.

LEWIS, J., LEACH, J.; WOOD-ROBINSON. What’s in a cell? – young people’s understanding of the genetic relationship between cells, within an individual. **Journal of Biological Education**. **34** (3). 2000b. p. 129-132.

MACHADO, A. S. **A importância do trabalho coletivo para o desenvolvimento da criança**. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia Graduação). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2010.

OLIVEIRA, F. B. , SILVEIRA, R. M. V.. O teste de DNA na sala de aula: é possível ensinar Biologia a partir de temas atuais ? **Genética na escola**, v. 05, n.01, p. 01-04. 2010.

RAMALHO, M. A. P. [et al]. **Genética na Agropecuária**. 5ª ed. Revisada. Lavras: Ed. UFLA, 2012. 566 p.

SANTOS, C. R. D. M. D.; SILVA, P. R. Q. D. Utilização do lúdico para a aprendizagem do conteúdo de genética. **Univ. Hum.**, Brasília, v. 8, n. 2, p. 119-144, 2011.

SANTOS, C. R. M.; PACINI, D. B.; GRISOLIA, M. N. K. G.; SILVA, P. R. Q. Ensino do conteúdo de Genética no ensino médio por meio de modelos lúdicos. *Revista da SBEnBio*. 2010.

SCHEID, MN. M. J.; FERRARI, N.; DELIZOICOV, D. A construção coletiva do conhecimento científico sobre a estrutura do DNA. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 2, p. 223-233, 2005.

SETÚVAL, F. A. R.; BEJARANO, N. R. R. Os modelos didáticos com conteúdos de genética e a sua importância na formação inicial de professores para o ensino de ciências e biologia. **Anais...** In: VII ENPEC – Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Florianópolis, 2009.

SILVA, F. S.; LEAL T. F. **É em grupo ou individual, professor? A prática de trabalho em grupo no centro de educação da UFPE sob duas óticas: docente e discente**. 2004. Disponível em: < http://www.fundaj.gov.br/geral/educacao_foco/fatima_soares.pdf> Acesso em: 25/04/2016.

SILVA, M. I.; PINHEIRO, S. B.; MENDES, S. A. B. A.; CAMPELO, T. W. M.; SANTOS, Y. V. S. D.; GROSS, M. C.; RODRIGUES, D. P. Jogo AminoUNO: uma ferramenta alternativa para o ensino da síntese de proteínas no ensino médio. **Revista de Ensino de Bioquímica**, n. 1, 2013.