

SIMULAÇÃO DO PROCESSO DE SÍNTESE DE PROTEÍNAS: LIMITES E POSSIBILIDADES DE UMA ATIVIDADE DIDÁTICA APLICADA A ALUNOS DE ENSINO MÉDIO

Simulation of the protein synthesis process: limits and possibilities of a teaching activities applied to high school students

George Oliveira Fontes [georgejoi@hotmail.com]

Secretaria de Educação do Estado da Bahia

6ª Avenida, n.600, 45.745-000 – Salvador - BA

Daisi Teresinha Chapani [dt.chapani@bol.com.br]

Ana Lucia Biggi de Souza [anabiggi@bol.com.br]

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

R. José Moreira Sobrinho, s.n, 45.206-190 – Jequié - BA

RESUMO

Este trabalho é resultado de uma pesquisa que objetivou avaliar o uso de uma atividade didática que simula o processo de síntese de proteínas. Os instrumentos de obtenção dos dados foram: questionários, entrevistas e observações. Os dados foram analisados por meio da frequência relativa das respostas dadas às questões fechadas e de análise de conteúdo para os demais. A aplicação do modelo apresentou alguns aspectos positivos como motivação e aprendizado dos conteúdos mais diretamente relacionados com a tradução gênica, porém, foram notadas também algumas dificuldades, as quais consideramos que devem ser levadas em conta pelo professor na aplicação da atividade.

Palavras-chave: ensino de Biologia, metodologia alternativa, tradução gênica.

Abstract

This paper reports the results from a research which evaluated didactic activities that simulate the protein synthesis process. The intervention was performed with high school students in a public school from Bahia, Brazil. The instruments utilized for the obtainment of data were: questionnaires, interviews and observations. The data were analyzed by means of the relative frequency and content analysis methods. The application of this model presented some positive aspects, such as the motivation and the learning of the contents more directly related to the genetic translation. However, some hardships occurred along the way, and they must be taken into account by the teacher when the application of the activity is initiated.

Keywords: Biology teaching, alternative methodology, genetic translation.

1. Introdução

Vivemos em uma sociedade cada vez mais orientada pela ciência e pela tecnologia, por isso, devemos estar preparados para refletir sobre esse fato, influenciar na tomada de decisões de dilemas gerados pelos avanços científicos e buscar a democratização do acesso dos produtos científicos e tecnológicos. Daí a importância de uma educação científica de qualidade.

Nesse quadro, o conhecimento dos processos biológicos é de grande relevância, pois, é necessário para o entendimento dos organismos vivos, suas funções e complexidades. Dessa forma, não é possível pensar em uma educação capaz de fomentar a cidadania e o bem estar pessoal, se

conceitos fundamentais da Biologia não forem compreendidos pelos jovens ao concluírem a escolaridade básica.

Porém, o entendimento de determinados processos biológicos é dificultado, muitas vezes, por se apresentarem de forma complexa e imperceptíveis à visão humana. Pelo caráter microscópico das estruturas que estão relacionadas a processos celulares, e também pela falta de recursos e materiais para auxiliar o professor no ensino desses processos nas escolas, assuntos relacionados à estes processos configuram-se entre aqueles que mais desafiam os professores no ensino médio.

Nesse contexto, o mecanismo de síntese de proteínas, poderia ser mais efetivamente compreendido pelos alunos se fossem utilizados materiais e atividades diversificadas que pudessem apoiar o conteúdo presente nos livros didáticos. A utilização de atividades didáticas alternativas em sala de aula, incluindo aí jogos de tabuleiro ou de computador, construção de modelos, estudo de textos não científicos e dramatização, poderiam proporcionar aos alunos uma visão mais concreta e aproximada do assunto.

Porém, são poucas pesquisas dedicadas em investigar de maneira ampla as contribuições do emprego de atividade e estratégias alternativas para o ensino desses processos celulares, e menos ainda as que trazem à tona as eventuais limitações e dificuldades que possam apresentar (FONTES et al, 2010).

Assim, esse trabalho apresenta os resultados de uma pesquisa que objetivou testar e analisar o uso de uma atividade didática alternativa (confecção de modelos de papel) como forma de facilitar a compreensão do mecanismo de síntese de proteínas. Ou melhor, propôs-se verificar se é possível, por meio de uma dada sequência didática, levar o aluno a refletir e associar os conceitos do processo de síntese de proteínas à importância desse mecanismo celular para o funcionamento de seu próprio corpo e dos outros seres vivos, verificando se, além de entender o mecanismo, o estudante percebe o quão é fundamental esse processo para a manutenção da vida de todos os seres vivos.

1.1 Aspectos Teóricos

1.1.1 O ensino de Biologia no contexto da Educação em Ciências

Admite-se que os conhecimentos proporcionados pela Biologia contribuam para que o estudante seja capaz de compreender e aprofundar as explicações de processos relativos ao fenômeno da vida. Dessa maneira, a formação cidadã, como função primordial da escola, pode ser alcançada na medida em que esses conhecimentos auxiliem na tomada de decisões, no contexto de um quadro ético de responsabilidade e respeito à vida em todas as suas formas (KRASILCHIK, 2004).

Segundo Krasilchik (2004), a partir da década de 60 do século passado, o ensino de Biologia passou por algumas transformações, motivadas, entre outros fatores, pela constatação, no âmbito mundial, da importância do ensino de Ciências como fator de desenvolvimento. A partir daí, foi observado uma explosão do conhecimento biológico, provocando a inclusão de novos assuntos e áreas a serem tratadas no currículo dessa disciplina, sendo que a biologia molecular e a bioquímica aparecem com destaque (KRASILCHIK, 2004). Também, Freitas et al. (2010) afirmam que o estudo de biologia molecular por estudantes de ensino médio torna-se de fundamental importância para que os jovens tenham mais facilidade para entender a complexidade da vida e dos seres vivos.

Krasilchik (2004) relata também que estudos realizados a partir da década de 1980 constataram que o estudo da célula e suas estruturas privilegiava as informações descritivas,

apresentando excesso de terminologia sem vincular com a análise e o funcionamento dessas estruturas. Atualmente, a rápida evolução do conhecimento nas áreas de biologia molecular e suas tecnologias têm gerado nos estudantes uma forte demanda de informações (BOSSOLAN et al. 2005). Por sua vez, Krasilchik (2004) nota que os educadores admitem que o ensino de Biologia deva colaborar na formação de jovens capazes de enfrentar e resolver problemas que se relacionam aos componentes biológicos, assim como dilemas, paradoxalmente, advindos do uso dos avanços da ciência e tecnologia.

Por outro lado, as Ciências Biológicas abrangem temas que exigem alta abstração, os quais apresentam dificuldades para o aprendizado. Para Bossolan et al. (2005), é principalmente nas últimas séries do ensino fundamental e no ensino médio que os estudantes devem compreender as inter-relações entre o entendimento científico e as mudanças tecnológicas, assim sendo, os professores devem empenhar-se no desenvolvimento de materiais instrucionais apropriados a fim de promover uma aprendizagem efetiva. Para Gaspar e Monteiro (2005), tais materiais podem proporcionar situações específicas e momentos de aprendizagem que dificilmente aparecem em aulas tradicionais, de lousa e giz.

De acordo com Rodrigues e Mello (2002), o ensino de Ciências e Biologia tem apresentado muitas falhas. É consenso entre os docentes, que há pouco envolvimento dos alunos no processo de aprendizagem, em decorrência da falta de contextualização, das dificuldades de aplicabilidade e abstração dos conceitos abordados nas várias áreas das Ciências Biológicas. Segundo Orlando et al. (2009), entre essas áreas, umas das que mais ganham destaque, sendo requisitado para o seu ensino a elaboração e o desenvolvimento de um material didático de apoio ao conteúdo presente nos livros texto, é o ensino de tópicos de biologia molecular e celular, como o processo de fabricação das proteínas, já que esses mesmos trabalham com aspectos e mecanismos microscópicos, empregando conceitos de alta abstração.

O mecanismo de fabricação das proteínas ocorre nas células sob comando dos genes, de maneira que, o sistema de codificação genética constitui-se tópico de grande relevância para o ensino de Biologia, visto que é um mecanismo comum a todos os seres vivos e também é fundamental para o entendimento de vários outros temas dentro da Biologia. Por outro lado, para a compreensão do processo de síntese de proteínas, também é necessária alguma noção de determinados tópicos da biologia molecular, por exemplo, para os estudantes serem capazes de relacionar seqüências de bases do DNA com o fenótipo do organismo é necessário que conheçam os componentes envolvidos neste processo, como os ácidos nucléicos e as proteínas.

Porém, um dos desafios dos professores que abordam esse assunto no ensino médio é o desenvolvimento e apresentação de atividades em sala de aula que tornem mais concreto o sistema de codificação genética e de síntese de proteínas. De acordo com Orlando et al. (2009), dado a relevância da biologia celular e molecular na contemporaneidade, seria desejável que as escolas dispusessem de boa infraestrutura de laboratório, algo longe da realidade da maior parte das escolas públicas. Sabemos que muitos estabelecimentos de ensino não dispõem de recursos e materiais que possam auxiliar de alguma forma os professores no ensino de processos complexos.

A respeito da utilização de recursos didáticos alternativos, Moraes (1996) diz que o material didático deve ser atrativo e ajudar a sanar as dificuldades nas várias áreas do conhecimento, bem como aquelas dificuldades relativas à aplicabilidade do assunto pelos professores, permitindo uma utilização ativa pelos estudantes. Assim, o ambiente de aprendizagem precisa favorecer o desenvolvimento do conhecimento e da criatividade. Amabis e Martho (1998) defendem que atividades que envolvem modelos didáticos para a simulação das principais etapas de determinados processos bioquímicos permitem que, através da manipulação, estudantes reflitam sobre os princípios biológicos envolvidos, facilitando a aprendizagem.

Ainda sobre a utilização de materiais instrucionais didáticos, como jogos, montagem de estruturas moleculares de plástico e outros, Bossolan et al. (2005) defendem que, quando utilizados de forma adequada, sequencialmente ou isolados, auxiliam no entendimento e na construção do conhecimento relacionado às biomoléculas e ao papel que estas desempenham nos seres vivos. Além disso, essas atividades promovem entre os estudantes a vantagem de interação social mais rica, e tem a motivação como um de seus mais notáveis benefícios. Orlando et al. (2009) enfatizam que por meio da própria construção de modelos, os estudantes se preocupam com detalhes intrínsecos e visuais, assim como a melhor forma de representação, refletindo a todo o momento os passos de determinado mecanismo, incorporando o processo.

Apesar de inúmeras pesquisas terem dado bastante ênfase para a importância e eficácia das atividades didáticas alternativas em sala de aula, como instrumento para o ensino de temas da Biologia Molecular e celular, poucas trazem a discussão acerca de até onde vão suas contribuições. Em outras palavras, se as atividades propostas e desenvolvidas promovem de forma adequada a contextualização do processo e a aprendizagem significativa, não se constituindo apenas como atividades memorísticas ou de apreensão mecanicista do processo, sem contemplar o fenômeno de forma abrangente. De acordo com FONTES et al (2010), tem aumentado o número de pesquisas que propõem atividades alternativas para facilitar o processo de ensino em sala de aula, porém, a maioria delas é lacônica com relação às possíveis dificuldades enfrentadas em sua aplicação e às limitações da atividade propostas.

Um fator a ser levado em consideração também é se determinado modelo didático desenvolvido em sala de aula, mesmo sendo um modelo simplificado, não contenha aspectos errôneos ou confusos em relação ao processo estudado. Segundo Krasilchik (2004), a reprodutibilidade do fenômeno biológico em questão deve ser analisada a fim de evitar que o estudante obtenha uma concepção simplificada e mascarada dos processos celulares, dificultando assim a percepção da fundamental importância e contextualização do mesmo na dinâmica da vida.

1.1.3 - Síntese de proteínas

A descoberta do mecanismo pelo qual os genes controlam a síntese das proteínas foi resultado do acúmulo gradual de conhecimento ocorrido durante os séculos XIX e XX (AMABIS; MARTHO, 1998). O conceito definitivo de que cada proteína consiste numa série determinada de aminoácidos foi estabelecido na década de 1950 com os experimentos de Sanger, porém, só em 1961 o código genético foi elucidado por Nirenberg e Matthaei (VAINSTEIN; SCHRANK; RODRIGUES, 2003). Esse código é classificado por Nelson (2002) como uma das mais importantes descobertas científicas do século XX, pois só através dele foi possível entender a relação entre informação genética e a sequência de aminoácidos formadores das proteínas.

Segundo Vainstein, Schrank e Rodrigues, (2003), parece que o código genético surgiu muito cedo na história evolutiva dos organismos vivos e permaneceu altamente conservado durante toda a evolução, baseando-se na universalidade do código genético. Quanto a isso, Nelson (2002) diz que esse código é o mesmo nos mais diversos organismos, havendo raras exceções, o que mostra a importância do mesmo para o desenvolvimento da vida no planeta.

Mediado pelo código genético, o processo de síntese de proteínas pode ser considerado uma das mais complexas rotas bioquímicas ocorrida nas células, sendo necessárias cerca de 300 macromoléculas reagindo de forma coordenada, de forma a modular a operação da síntese de polipeptídeos (VAINSTEIN; SCHRANK; RODRIGUES, 2003). Segundo Amabis e Martho (1998), esse processo só foi mais bem compreendido depois do esclarecimento da natureza química dos genes e das subseqüentes descobertas dos principais componentes que fazem parte deste

mecanismo, sendo eles, o RNA mensageiro, o RNA transportador, o ribossomo e os fatores de iniciação e de terminação.

De forma resumida, Amabis e Martho (2004) dizem que o processo de síntese de proteínas consiste em unir aminoácidos de acordo com a sequência de códons de um RNA mensageiro. Tendo em vista que essa sequência é determinada pelas bases do DNA que serviu de molde para este RNA mensageiro, a síntese de proteínas representa a “tradução” da informação do gene, sendo por isso chamada de tradução gênica. Vainstein, Schrank e Rodrigues (2003) dividem esse processo em três etapas para melhor entendimento, a Iniciação, o Alongamento/Translocação e a Terminação.

A primeira etapa da síntese de proteínas ocorre com a adição do primeiro aminoácido da proteína, sendo necessária a formação do complexo de iniciação entre o ribossomo, o RNA mensageiro com as informações transcritas do DNA e o primeiro RNA transportador, que carrega o primeiro aminoácido da proteína, a metionina. Somente o RNA transportador portando o aminoácido metionina é capaz de ligar-se ao sítio de iniciação do ribossomo. Esse RNA transportador, cujo anticódon é UAC, emparelha-se com um códon AUG presente no RNA mensageiro, isso determina o local exato da molécula de RNA mensageiro onde iniciará a formação da cadeia polipeptídica. A etapa de Alongamento/Translocação inclui todas as reações que ocorrem, desde a ligação dos primeiros aminoácidos até a adição do último aminoácido à proteína formada. Esses aminoácidos são adicionados isoladamente em um processo de alongamento contínuo da cadeia polipeptídica. Após a ligação entre os aminoácidos da cadeia, através de ligações peptídicas, estes são transportados para o local da reação pelos RNAs transportadores específicos, o ribossomo realiza um movimento de translocação, de forma que a porção da cadeia recém sintetizada passa a ocupar o sítio P da subunidade ribossômica menor, avançando, em seguida, três nucleotídeos do RNA mensageiro, ficando exposta, assim, uma nova trinca (códon) desse último, que irá receber outro aminoácido por um RNA transportador contendo o anticódon correspondente, dando continuidade à síntese da cadeia polipeptídica. A leitura de um dos códons específicos de terminação (UAG, UAA e UGA) pelo ribossomo marca a etapa de Terminação da síntese de proteínas. O reconhecimento desses códons é realizado por proteínas específicas, os fatores de terminação, e não por moléculas de RNA transportador, uma vez que não existem aminoácidos correspondentes para tais códons. Esses fatores de terminação fazem com que a cadeia polipeptídica recém-formada se solte do último RNA transportador, induzindo a dissociação do ribossomo e a liberação do RNA mensageiro, marcando, assim, o fim da síntese de proteínas. Após isso a cadeia nascente é processada e enrolada na sua forma biologicamente ativa em reações chamadas de reações pós-traducionais, que marcam a conversão da mensagem genética linear do RNA mensageiro na estrutura tridimensional da cadeia ou cadeias polipeptídica que formará ou formarão proteína (VAINSTEIN; SCHRANK; RODRIGUES, 2003; NELSON, 2002, AMABIS; MARTHO, 2004).

2. Procedimentos Metodológicos

A pesquisa pautou-se por uma abordagem qualitativa e envolveu uma intervenção, junto a alunos de ensino médio, realizada em uma escola pública de um pequeno município no interior da Bahia, no período de 02 a 05 de agosto de 2010, por meio do desenvolvimento de um módulo de aulas composto de quatro encontros, o que chamamos de minicurso.

Por estar localizada no centro da cidade e também por ser a única escola pública de ensino médio no município, a escola, onde foi realizada a intervenção, recebe estudantes de todos os bairros da cidade e também da zona rural. Dessa forma, em relação ao perfil socioeconômico de seus 368 alunos, apresenta uma grande variedade, ocorrendo estudantes de diferentes classes sócio-

econômicas. Boa parte dos alunos provém de escolas de nível fundamental que, na maioria dos casos, não dispõem de muitos recursos como, por exemplo, bibliotecas ou laboratórios.

Os participantes da pesquisa compuserem um grupo de 26 estudantes, com faixa etária entre 15 e 20 anos de idade. A participação foi espontânea, porém só foram admitidos alunos das 2ª e 3ª séries do ensino médio, pois, supostamente, já deteriam algum conhecimento relacionado às bases da biologia celular e molecular, como noções sobre estrutura e função dos ácidos nucleicos e das proteínas, uma vez que esses conteúdos geralmente são tratados na 1ª série do ensino médio.

A intervenção deu-se por meio de um minicurso, centrado na realização de uma atividade didática que utilizou um modelo de papel que simula as principais moléculas e etapas envolvidas na síntese de proteínas, desenvolvidos pelos professores e pesquisadores José Mariano Amabis e Gilberto Rodrigues Martho (2004), o qual encontra-se disponível na rede mundial de computadores, sendo seu uso gratuito.

O minicurso foi composto por quatro encontros, de três horas cada. Com o propósito de suscitar discussões e provocar o interesse dos estudantes, no primeiro encontro foi discutido um texto¹ e exibido um filme². O segundo encontro teve por objetivo fazer uma revisão dos conceitos fundamentais que seriam trabalhados e, para tanto, utilizou-se de uma exposição dialogada.

No terceiro encontro, inicialmente, houve a apresentação da atividade didática em foco, e em seguida foram realizadas, pelos próprios participantes, divididos em cinco grupos, a organização e a confecção dos modelos, e posterior simulação dos passos da síntese de proteínas, sob a orientação do primeiro autor desse trabalho. Para a confecção foram disponibilizados todos os materiais necessários: tesoura sem ponta, cola em bastão, miniclipes, alfinetes de mapa, painel de isopor e folhas para recortar com desenhos do mRNA, do ribossomo, dos aminoácidos, dos tRNAs e dos fatores de terminação. Para auxiliar na simulação dos passos da síntese de proteínas foi disponibilizado um painel com a tabela do Código Genético que podia ser consultado pelos participantes.

No quarto e último encontro foi lido e discutido um texto³ para fechamento do assunto e realizadas entrevistas com os cinco grupos de participantes.

Durante as quatro etapas da pesquisa foram utilizadas três técnicas de coleta de dados: questionário, entrevistas e observação. No primeiro encontro aplicou-se um questionário composto por questões fechadas e abertas referentes a conceitos básicos que seriam trabalhados durante a aplicação da atividade didática, aos 23⁴ estudantes presentes na ocasião. Esse questionário teve o objetivo de identificar os conhecimentos prévios dos participantes acerca do tema.

No quarto encontro foi aplicado novamente um questionário, que possuía as mesmas questões que compôs o primeiro, possibilitando, assim, uma análise comparativa. Nessa ocasião, o questionário foi aplicado a todos os 26 participantes do minicurso. Também foram realizadas entrevistas semiestruturadas com questões relacionadas à aplicação do modelo didático testado e ao assunto trabalhado, com cinco grupos de foco correspondente aos cinco grupos organizados para a realização da atividade. Este procedimento foi baseado nas recomendações de Flick (2004). As

¹“Genética e Biotecnologia na atualidade”. In: AMABIS, J. M.; MARTHO, G. R. **Fundamentos da Biologia Moderna**. 4 ed. São Paulo: Moderna, 2004

² GATTACA: A experiência genética. EUA (1997). Direção: Andrew Niccol. DVD (106min): Sony Pictures

³ “Lembranças de um RNA mensageiro”. In: SILVEIRA, R. V. M. Desenvolvimento da capacidade de leitura nas aulas sobre síntese de proteínas. **Genética na Escola**. São Paulo, v.03, n.02, p. 37-38, 2008

⁴ Outros três estudantes juntaram-se ao grupo no dia seguinte

cinco entrevistas foram filmadas e gravadas com o auxílio de câmera filmadora e aparelho mp3, para posterior análise criteriosa das respostas.

A observação foi utilizada em todos os encontros, mas, sobretudo no terceiro. Os registros sobre dúvidas, comportamento dos alunos e o andamento da atividade proposta foram feitos em um “diário de bordo”. Durante toda a aplicação do modelo didático, que compôs o terceiro encontro, houve registro através de câmera filmadora.

Os questionários respondidos foram identificados pela letra Q, sendo diferenciados por números correspondentes a cada estudante (exemplo: Q1, Q2, Q3...). As entrevistas transcritas e identificadas pela letra E, sendo também diferenciadas por números (exemplo: E1, E2, E3...). Para a análise, os dados obtidos pelos diferentes instrumentos foram organizados em três eixos baseados nos objetivos da pesquisa: analisaram-se os dados que possibilitaram verificar a aplicabilidade da atividade didática, em seguida, aqueles que permitiram verificar o aprendizado dos estudantes em relação ao mecanismo de síntese de proteína e, por fim, os que possibilitaram investigar a extrapolação feita pelos estudantes em relação ao sentido e a importância desse processo para toda forma de vida.

3. Resultados e Discussão

3.1. Aplicabilidade do modelo didático

A avaliação da aplicabilidade do modelo didático utilizado foi realizada a partir de dois pontos de vista: do pesquisador e dos estudantes.

Já que a condução da atividade didática foi realizada pelo próprio pesquisador, é possível apontar aqui os aspectos positivos e negativos notados nesta experiência. Um aspecto positivo foi a disponibilidade do modelo didático, acessível pela rede mundial de computadores e de uso gratuito, aliada à facilidade de obtenção e o baixo custo dos materiais necessários para a realização da estratégia em sala de aula. Levando em consideração os poucos recursos didáticos disponíveis aos professores da rede pública de ensino, o fato de se tratar de materiais acessíveis, pode ser um critério importante na escolha do recurso pelos professores que buscam utilizar estratégias didáticas diferentes em sala de aula.

Outras facilidades observadas dizem respeito às peças que o modelo dispõe para que o professor trabalhe com seus alunos, pois elas simbolizam as principais estruturas moleculares envolvidas no processo de síntese de proteínas, tornando fácil a relação do modelo com o conteúdo presente na literatura de nível médio. Essas estruturas também são facilmente distinguíveis, promovendo a sua identificação pelos alunos, e seguem o formato no qual geralmente são apresentadas nas fontes literais. É importante citar a clareza com que as peças demonstram a relação entre o formato das diferentes estruturas, mostrando assim, a essencialidade de suas formas estruturais para as interações (ligações) entre as diferentes estruturas, visto ser esse um princípio básico e crucial para realização de vários eventos bioquímicos, inclusive a síntese proteica.

Em relação aos aspectos negativos notados pelo pesquisador na utilização da atividade didática analisada, evidenciou-se a dificuldade de manusear algumas peças, por serem muito pequenas. Essa dificuldade foi claramente notada também em alguns estudantes na fase de recorte das peças.

Mas, talvez, a principal dificuldade encontrada, diz respeito ao tempo a ser disponibilizado para a preparação e utilização do modelo didático. Mesmo trabalhando com grupos, onde cada componente se empenhava na preparação do modelo, dividindo tarefas, o tempo gasto para a

preparação e demonstração completa do processo de síntese de proteínas, ultrapassou três horas. Sendo esse um grande empecilho para o professor, principalmente de Biologia, que dispõe de apenas algumas aulas semanais para desenvolver seu cronograma de assuntos durante todo o ano letivo. Bossolan et al. (2005), por exemplo, afirmam que a falta de tempo, depois da falta de recurso nas escolas, tem sido uma das dificuldades mais alegadas por professores para a não utilização de materiais didáticos diferenciados em sala de aula.

Para verificarmos os aspectos positivos e negativos notados pelos estudantes a respeito da utilização da atividade didática trabalhada, foram utilizadas as respostas dadas a três questões da entrevista semiestruturada, realizada após a aplicação da atividade didática, bem como aspectos notados nas observações.

Todos classificaram como *bom* o recurso didático utilizado. Os principais argumentos apresentados pelos entrevistados foram: o fato de se tratar de uma atividade dinâmica e prática, tornando mais fácil a assimilação do assunto; por tornar mais concreto a representação das estruturas envolvidas no processo, principalmente dos aspectos dinâmicos e, simplesmente, por se tratar de uma atividade diferente em relação aos recursos utilizados pelos professores quando abordam este assunto em sala de aula.

É conveniente destacar que diversos entrevistados mencionaram a importância de aulas práticas para o ensino de processos complexos, fazendo referência à atividade desenvolvida, por exemplo: “gostei, notei vários aspectos positivos, pois só teoria às vezes acaba complicando o assunto em nossa cabeça e na prática a gente acaba entendendo melhor o processo” (E02); “eu gostei sim, porque é praticando que se aprende mais, não é só com a teoria que se aprende, ela é importante, mas é com a prática que o entendimento fica completo (E10). Tal percepção justifica-se pelo fato destes alunos estudarem uma instituição carente de ambientes que propiciem a realização de atividades experimentais, como laboratórios, assim, diante da dinâmica proporcionada pela simulação, a maioria a classificou como uma “aula prática”.

Uma das questões da entrevista tinha por objetivo diagnosticar alguma dificuldade sentida pelos estudantes em aprender o assunto proposto através da atividade didática utilizada. Diante deste questionamento nove, dos 26 entrevistados, relataram alguma dificuldade sentida apenas no início da simulação. Desses, todos disseram que com o decorrer da atividade, com a ajuda do professor e dos colegas do grupo, sanaram as dificuldades, ficando fácil a aprendizagem do assunto. A maior dificuldade sentida pelos alunos foi em relação ao manuseio do material, já que as peças utilizadas eram muito pequenas.

A maioria (17 estudantes) alegou que não teve nenhum tipo de dificuldade, tanto na montagem quanto na simulação do processo “tava tudo claro, deu pra entender tudo direitinho, dava pra diferenciar todas as estruturas e montar bem fácil, por isso não tive dificuldades” (E15); “eu não achei nenhuma dificuldade não, foi só seguir a explicação e por em prática passo a passo, aí depois a gente conseguiu fazer sozinhas mesmo, então, não houve dificuldade nenhuma” (E18).

A partir de alguns relatos dos estudantes entrevistados e das observações realizadas, notou-se que a disposição dos estudantes em grupos foi um fator fundamental para que dúvidas, não só sobre o assunto, mas acerca de como utilizar aquele recurso didático, fossem esclarecidas imediatamente, não comprometendo o andamento das atividades.

3.2. Entendimento do mecanismo de síntese de proteínas

A avaliação do entendimento do mecanismo de síntese de proteínas pelos estudantes foi realizada através dos questionários 01 e 02, aplicados, respectivamente, no início e ao final da

atividade. A partir das respostas dadas às oito questões fechadas e uma aberta, envolvendo conceitos básicos necessários para o entendimento do mecanismo ensinado, que foi possível traçar uma análise comparativa. Sobre esse tópico, discutiremos aqui apenas os aspectos que consideramos mais relevantes, maiores detalhes podem ser obtidos em FONTES (2010).

Com as primeiras questões fechadas buscou-se examinar o conhecimento dos estudantes acerca de estruturas não diretamente relacionadas ao processo de síntese de proteínas, mas que são importantes para se entender o caminho percorrido entre a informação genética até a formação das proteínas nos organismos.

Uma das questões buscava verificar se os estudantes tinham conhecimento a respeito de onde estão inscritas as informações genéticas que comandam o funcionamento celular. Apenas doze estudantes responderam acertadamente, sendo que, mesmo após a intervenção o número de estudantes que respondeu corretamente continuou o mesmo. Outra questão buscava saber se os alunos tinham conhecimento a respeito das bases nitrogenadas que compõe a molécula de DNA. Verificou-se que, mesmo antes da intervenção, os estudantes já possuíam determinado conhecimento, visto que 52% responderam acertadamente a questão, porém, após a intervenção, a frequência de acertos aumentou para 88,5%.

Pretendeu-se também verificar o conhecimento dos estudantes acerca de quais moléculas estariam encarregadas de transcrever as informações do DNA para posterior síntese de proteínas, a partir dessas informações. Diferentemente das anteriores, essa questão envolveu um componente diretamente relacionado com o processo trabalhado na simulação. Antes da intervenção, a porcentagem de acertos foi de aproximadamente 48%, após a mesma, elevou-se para aproximadamente 57,7%, porém se nota que boa parte dos estudantes envolvidos na atividade didática ainda apresentou conceitos equivocados que envolvem o processo estudado.

A questão na qual notamos o melhor resultado após a intervenção foi a que perguntava sobre o local da célula em que ocorre o processo de síntese de proteínas. No primeiro questionário apenas cinco estudantes responderam corretamente, enquanto no segundo questionário, vinte deram a resposta correta. Esses resultados podem ser explicados pelo motivo do objeto questionado aqui se tratar de um conceito bastante mencionado e evidenciado na simulação realizada na intervenção. Vale ainda ressaltar que, dentre os materiais utilizados na simulação, o mais evidente deles foi um painel de isopor que simbolizava o citoplasma celular, local onde foram montadas todas as outras peças para a demonstração do processo.

Outros resultados, que corroboram com a análise e discussão feita na questão anterior são os obtidos na sexta pergunta do questionário. Quando questionados acerca da função do ribossomo, componente diretamente envolvido com o processo de síntese de proteínas, no questionário respondido antes da intervenção 47% dos estudantes responderam acertadamente. No momento posterior à intervenção, esse número subiu para 65%.

Buscamos verificar também se os alunos sabiam quais são os componentes das proteínas. Mesmo antes da intervenção, a maioria dos estudantes já possuía um conceito correto em relação aos componentes constituintes das proteínas, porém, após a intervenção, apenas um aluno respondeu equivocadamente a questão marcando a alternativa “gene”.

Esses resultados positivos devem-se ao fato de que na simulação, os aminoácidos estão entre os modelos representados mais numerosos, tendo assim relação direta com a formação do resultado final da simulação, a molécula de proteína.

Com a oitava questão foi possível fazer uma análise do conhecimento que os estudantes possuíam acerca dos principais componentes que participam do processo evidenciado na atividade

didática testada. Nessa questão foram listados, dentre outras estruturas, oito principais componentes, e solicitado aos estudantes que assinalassem somente aqueles que participavam do processo, sendo permitido assinalarem mais de uma alternativa. Analisando as respostas do questionário 01 notou-se que nenhum respondente foi capaz de assinalar todas as alternativas corretas. O componente mais assinalado neste questionário foram os aminoácidos, lembrados por 65% dos estudantes, e o menos lembrado foram os fatores de terminação, citados por apenas 13% deles. Apesar do questionário 02 apresentar baixa frequência de acertos totais, observou-se certa evolução no aprendizado dos estudantes após a simulação. Apenas 34% assinalaram os cinco componentes participantes do processo, conseguindo responder com êxito a questão. Os componentes mais lembrados pelos respondentes foram o RNA transportador, o RNA mensageiro e o ribossomo, com respectivamente 100%, 92% e 73% de anotações positivas, sendo que apenas quatro estudantes assinalaram alternativas equivocadas. Essa questão, como as analisadas anteriormente, confirma a idéia de que com a atividade didática os estudantes obtiveram maior êxito, e conseqüentemente, melhoria no aprendizado em relação ao processo de síntese protéica. As demais atividades desenvolvidas no minicurso, bem como as interferências do mediador durante o desenvolvimento da simulação, relacionando as estruturas e o fenômeno em questão com outros relativos à manutenção da vida, também contribuíram para o entendimento do processo pelos estudantes.

Segundo Orlando et al. (2009), além da melhor visualização das estruturas envolvidas no processo ensinado, os modelos didáticos permitem que os estudantes manipulem o material, melhorando, assim, sua compreensão. Também, a própria confecção desse modelo fez com que os estudantes se preocupassem com os detalhes intrínsecos das estruturas representadas, facilitando o entendimento do processo realizado pelos mesmos.

3.3. Extrapolação

Neste eixo analisou-se até onde foi possível aos estudantes extrapolar o conhecimento para além daquele apenas mecanicista do processo de síntese de proteínas, mais especificamente, se eles conseguiram interpretar, de alguma forma, a essencialidade e importância do processo para a manutenção da vida de todos os seres vivos. Para tanto, utilizou-se duas questões abertas do questionário e também duas questões que fizeram parte da entrevista semiestruturada, as quais foram analisadas separadamente, destacando-se as respostas dos estudantes.

Uma das perguntas do questionário indagava acerca das relações existentes entre genes, RNA e proteínas, com o objetivo de se verificar a capacidade dos estudantes de notarem a importância do processo de síntese de proteínas, e, além disso, perceberem que esse processo é mediado pelas informações genéticas contidas nos genes. Apesar de ter aumentado o número de estudantes que responderam essa questão do questionário 1 para o 2, ainda foram poucos (53%) aqueles capazes de responder, mesmo após a aplicação do modelo didático. Dos que responderam, nenhum estudante conseguiu relacionar de forma mais aprofundada os três componentes solicitados na questão, relacionando, muitas vezes, apenas dois componentes, sendo observadas também algumas relações equivocadas. As poucas relações corretas apresentadas em algumas respostas diziam respeito unicamente ao processo da síntese de proteínas.

Dentre os respondentes que relacionaram os componentes de forma correta observou-se que as relações entre RNA e proteína e RNA e funcionamento celular foram as mais frequentes. Isso pode ser explicado pelo fato de se tratarem de relações, que são demonstradas mais facilmente no processo de tradução gênica, mecanismo detalhadamente mostrado na atividade didática utilizada na intervenção. Podemos perceber isso em algumas respostas dos estudantes transcritas a seguir: *“a proteína é formada pela seqüência de trincas de bases nitrogenadas presentes na*

molécula de RNA mensageiro” (Q10); *“eles realizam o processo de síntese de proteínas, ou seja, fazem a ligação”* (Q14).

Uma alteração no DNA de determinado organismo pode modificar o funcionamento de uma célula? Por quê? Com essa pergunta, presente também no questionário, pretendeu-se verificar se os estudantes eram capazes de argumentarem os motivos da influência de alterações nas informações genéticas presentes no DNA sobre o funcionamento celular, ou seja, quais mecanismos explicavam as conseqüências de um mau funcionamento celular, proporcionado por mudanças na seqüência de determinado gene, através do caminho percorrido entre o DNA e a proteína, elucidando, aí, o processo de síntese de proteína. Mesmo no questionário aplicado no momento posterior à aplicação da atividade didática, o número de respondentes permaneceu o mesmo, sendo que apenas quinze dos vinte e seis foram capazes de responder a questão. Desses, todos concordaram com a proposição, respondendo que o funcionamento celular de determinado organismo pode modificar-se com uma alteração no DNA. Porém, poucos estudantes (11%) explicaram de forma completamente acertada, elucidando o processo de fabricação de proteínas e o problema de possuir falhas nesse processo por conseqüência de alterações nas informações genéticas.

Nas entrevistas realizadas após a aplicação da atividade didática, também se buscou conhecer se os estudantes eram capazes de discorrerem sobre e relação entre genes e proteínas. E com isso percebessem a importância do processo de síntese de proteínas para a diversidade de seres vivos. Inicialmente foi questionado se eram por meio das proteínas que os genes controlavam as características fenotípicas dos seres vivos, e após a resposta foi solicitado que explicassem por que concordavam ou discordavam da pergunta. Quanto à proposição, todos os entrevistados concordaram dizendo que era por meio de proteínas que os genes se expressavam, porém poucos souberam explicar porque isso ocorre. Apenas dois entrevistados responderam recordando o processo de síntese de proteínas, mencionando algumas estruturas nele envolvidas, como por exemplo, na seguinte resposta *“Eu acho que por meio das proteínas sim. Assim, não sei muito bem como o mecanismo ocorre, mas acho que é através do RNA, que vimos no processo de síntese de proteínas. Porque a informação fica no núcleo, aí o RNA mensageiro pega essa informação do gene e leva pro citoplasma para lá ser fabricado as proteínas”* (E9).

Ou seja, mesmo após ter desenvolvido completa e corretamente a atividade simulação e participado das demais ações do minicurso, a grande maioria dos alunos não conseguiu explicar o processo de síntese de proteína, indicando uma falta de compreensão global do processo. Esse parece ser um grande desafio para o ensino de Ciências, pois, como afirmam Pozo e Crespo (2009, p. 16), muitas vezes os alunos sabem fazer as coisas, *“mas não entendem o que estão fazendo e, portanto, não conseguem explicá-las nem aplicá-las em novas situações”*.

A última questão que compôs a entrevista buscou verificar a percepção dos estudantes em relação a universalidade do processo de síntese de proteínas a partir da atividade aplicada. A fim de facilitar a questão exemplificou-se com o ser humano, um vegetal (alface) e outro animal (elefante), e se perguntou se todos eles possuíam o mesmo processo de fabricação de proteínas em suas células. As respostas foram bastante divergentes, tendo a maioria (15 entrevistados) discordado da universalidade do processo. Desses, 12 estudantes disseram que esse processo é diferente para diversas espécies de seres vivos. Sendo assim, afirmaram que os três seres vivos utilizados como exemplos possuíam diferenças em seus mecanismos de síntese de proteínas, como mostram as respostas em relação à questão, relatadas a seguir: *“são diferentes, assim, o processo pode ser parecido, porém igual não é, porque existe uma certa diferença entre um ser humano, um animal e um vegetal, não tem nada a ver, semelhança nenhuma entre eles, então o processo é diferente, acho que não tem como ser igual, até as estruturas, pra mim, é diferente”* (E16). Também, dentre esses 15 entrevistados que discordaram da universalidade do processo, 3 deles responderam dizendo ser

semelhante o mecanismo apenas entre os animais e seres humanos, já que eram formados por células animais, sendo que nos vegetais, que eram formados por células vegetais, esse mecanismo se tornava totalmente diferente, como mostra o seguinte trecho: “*eu acho que deve haver diferenças entre esse processo ocorrido na célula animal da vegetal. Entre os animais deve ser bem parecido, mas entre um animal e um pé de alface, por exemplo, é diferente*” (E19).

O restante dos entrevistados (11 estudantes) respondeu que o processo de síntese de proteínas, visualizado com o modelo didático utilizado, é idêntico nos exemplos dados, inclusive para todas as espécies de seres vivos. Um argumento bastante utilizado para esses foi a questão de que todos os seres vivos são formados por células, e por esse motivo, as estruturas envolvidas nesse mecanismo são as mesmas, sendo ele idêntico entre todos. Algumas dessas respostas estão transcritas a seguir: “*acho que sim, são iguais, as estruturas como RNA, proteínas, etc., são iguais e possuem em todas as células, então não poderia ser diferente. Acho que se esse mecanismo fosse diferente entre eles, muita coisa teria que ser diferente*” (E02); “*eu acho que é igual, o processo de síntese de proteínas é igual. Porque todos os seres vivos têm células e em todas ocorre esse processo igual*” (E07).

Diante das respostas apresentadas, percebe-se que poucos estudantes conseguiram discorrer de forma satisfatória acerca da universalidade do mecanismo de síntese de proteínas, mostrando as limitações da estratégia didática utilizada na intervenção. A explicação para isso pode estar na abordagem que o modelo proporciona na simulação demonstrada, enfocando apenas a parte mecanicista do processo, sendo necessário, desse modo, a intervenção do mediador (professor), elucidando a universalidade e essencialidade do processo para os organismos vivos.

4. Considerações Finais

No contexto da pesquisa realizada, foram considerados como principais pontos positivos da aplicação do modelo sua fácil obtenção, por parte do professor, e a motivação proporcionada aos alunos. Como aspectos negativos, destacam-se algumas dificuldades no manuseio e o fato da aprendizagem do grupo ter se limitado a certos aspectos do processo de síntese de proteínas. Sendo assim, essas limitações devem ser levadas em conta pelo professor, a fim de tornar essa estratégia didática mais eficaz e completa.

O modelo se mostrou eficaz em demonstrar as estruturas diretamente envolvidas e o processo de síntese de proteínas ocorrido no citoplasma da célula, ou seja, evidenciando apenas a etapa de tradução gênica como, de fato, é mesmo seu objetivo. Porém, não se mostrou suficiente para despertar os estudantes para a importância e essencialidade do processo demonstrado, que é universal entre os organismos vivos, sendo um dos processos celulares mais importantes para a manutenção da vida. Cabe, então, ao professor informar e criar condições para os alunos ampliem seu entendimento a respeito do conteúdo considerado.

Não se desconsidera outros aspectos envolvidos no processo de aprendizagem, sendo a limitação da própria intervenção uma delas. De fato, sabemos que a aprendizagem em Ciências não é algo simples, pois conhecimento dos estudantes é constituído, muitas vezes, “por concepções muito persistentes, que praticamente não se modificam após muitos anos de instrução científica” (POZO; CRESPO, 2009, p. 15), que se dirá de um processo que envolveu apenas algumas aulas.

A deficiência dos conhecimentos anteriores dos estudantes também é um fator a se levar em consideração, visto que são conhecimentos indispensáveis para a percepção da importância do processo estudado. A maioria dos estudantes, apesar de já estar nas últimas séries do ensino médio, ainda não possuía conhecimentos básicos que pudessem facilitar o entendimento do processo em

questão. A aula ministrada no terceiro encontro, com o propósito de minimizar essa dificuldade, foi claramente insuficiente.

Desse modo, reconhecem-se os benefícios proporcionados pela atividade didática, e, ao mesmo tempo, alerta-se para suas limitações, o que requer autonomia do professor para adequá-la às circunstâncias específicas, complementando o conteúdo de maneira que os estudantes possam perceber a essencialidade do processo de síntese protéica, fundamental para compreensão do fenômeno da vida.

5. Referências

AMABIS, J. M.; MARTHO, G. R. *Biologia Vol. 1*. 2 ed. São Paulo: Moderna, 2004.

_____. *Temas de Biologia: propostas para desenvolver em sala de aula*. n. 07, São Paulo, Moderna, 1998. Disponível em: <<http://www.moderna.com.br/moderna/didaticos/em/biologia/temasbio/atividades/TB07.pdf>> Acesso em: 08 mar. 2010.

BOSSOLAN, N. R. S. et al. O centro de biotecnologia molecular estrutural: aplicação de recursos didáticos desenvolvidos junto ao ensino médio. *Ciência e Cultura*, São Paulo, v. 57, n. 4, p.41-42, 2005. Disponível em: <<http://cienciaecultura.bvs.br/pdf/cic/v57n4/a22v57n4.pdf>> Acesso em: 22 mar. 2010.

FLICK, U. *Uma introdução à pesquisa qualitativa*. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2004.

FONTES, G. O. Simulação do processo de síntese de proteínas: limites e possibilidades de uma atividade didática aplicada a alunos de ensino médio. 2011. 61f. Monografia – (Licenciatura em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, Jequié, 2011.

FONTES, G. O.; LIMA, M. C.; CHAPANI, D. T. O uso de metodologias alternativas no ensino de genética: uma análise dos trabalhos divulgados nos principais periódicos da área de ensino de ciências. In: ENCONTRO DE GENÉTICA DO NORDESTE, 18., 2010, Jequié. Resumo. Jequié: UESB, 2010. 1 CD-ROM.

FREITAS, M. E. M. et al. Desenvolvimento e aplicação de kits educativos tridimensionais de célula animal e vegetal. *Ciências Em Foco*, São Paulo, v. 01, n. 02, p. 01-11, 2009. Disponível em: <<http://www.fe.unicamp.br/formar/revista/N001/pdf/Artigo%20Freitas.pdf>> Acesso em: 29 mar. 2010.

GASPAR, A.; MONTEIRO, I. C.C. Atividades experimentais de demonstrações em sala de aula: uma análise segundo o referencial teórico da teoria de Vygotsky. *Investigação em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 10, n. 02, p. 227-254, 2005. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID130/v10_n2_a2005.pdf> Acesso em: 02 abr. 2010.

KRASILCHIK, M. *Prática de Ensino de Biologia*. 4. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo. 2004.

MINAYO, M. C. S. et al (org). *Pesquisa social: teoria, método e criatividade*. Petrópolis; Vozes; 2007.

MORAES, M. C. O paradigma educacional emergente: implicações na formação do professor e nas práticas pedagógicas. *Em Aberto*, Brasília, v. 16, n. 70, p. 57-69, 1996. Disponível em: <<http://www.emaberto.inep.gov.br/index.php/emaberto/article/viewFile/1053/955>> Acesso em: 22 mar. 2010.

NELSON, D. L.; COX, M. M. L. *Princípios da Bioquímica*. 3. Ed. São Paulo, 2002.

ORLANDO, T. C. et al. Planejamento, montagem e aplicação de modelos didáticos para abordagem de biologia celular e molecular no Ensino Médio por graduandos de Ciências Biológicas. *Revista Brasileira de Ensino de Bioquímica e Biologia Molecular*, São Paulo, v. 01, n. 09, p. 01-17, 2009. Disponível em: <<http://www.ib.unicamp.br/lte/rbebbm/visualizarMaterial.php?idMaterial=535>> Acesso em: 08 mar. 2010.

POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. *A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico*. 5ª Ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

RODRIGUES, C. V.; MELLO, M. L. *A prática no ensino de Genética e Biologia Molecular: desenvolvimento de recursos didáticos para o ensino médio*. Disponível em: <http://www.pucminas.br/seminarioprograd/iv_seminario/pdfs/puc_prat_ens_gen.pdf> Acesso em: 15 mar. 2010.

VAINSTEIN, M. H.; SCHRANK, I. S.; RODRIGUES, J. S. Código genético e síntese de proteínas. In: ZAHA, A; FERREIRA, H. B.; PASSAGLIA, L. M. P.(Org.). *Biologia Molecular Básica*. 3. ed. Porto Alegre: Mercado Aberto, 2003. (p. 277-299)