

Biologia mão na massa (de modelar): proposta e avaliação de sequência didática sobre Síntese de proteínas

Marina Rosalino Gomes

Resumo: O presente relato tem como objetivo descrever uma sequência didática de tema “Síntese de proteínas” que utiliza como base um modelo didático realizado com materiais concretos para simular este processo. Seu uso foi essencial uma vez que, em se tratando de um conteúdo abstrato, devido a seu caráter microscópico, é de difícil compreensão. A atividade foi realizada com alunos da 2ª série (EM) de modo a complementar as aulas expositivas anteriores. Neste estudo, avalia-se a efetividade desta sequência didática devido à boa recepção dos alunos, à observação das autoras, à diversidade de interações ocorridas em sala de aula e à avaliação formativa realizada. Além disso, são elencadas questões que poderiam dificultar sua aplicação tais como tempo de manufatura e custo que, embora baixo, pode estar acima do orçamento de algumas escolas. Por fim, ressalta-se a possibilidade de usar essa sequência de forma investigativa, estimulando a alfabetização científica.

Palavras chaves: síntese proteica, modelo didático, sequência didática, conteúdos abstratos.

Introdução

O estudo da síntese de proteínas é fundamental para o conteúdo programático da Biologia no Ensino Médio, uma vez que ela é essencial para a compreensão de diversos temas da Biologia como a expressão gênica, a biotecnologia, a genética e a teoria da Evolução. Por sua vez, estes temas, além de serem muito importantes no mundo contemporâneo e, portanto, necessários para uma formação crítica, estão previstos em documentos oficiais como os Parâmetros Curriculares Nacionais e a Base Nacional Comum Curricular. Mesmo temas aparentemente pouco relacionados à biologia celular, como a fisiologia animal ou vegetal, são mais significativos e compreendidos quando há domínio do mecanismo de síntese de proteínas, já que as relações entre o metabolismo celular e o funcionamento do corpo tornam-se possíveis.

No entanto, embora fundamental, esse tema é de difícil compreensão para grande parte dos estudantes. Dentre os três níveis de percepção da realidade no ensino de Biologia: simbólico, macroscópico e microscópico (SÁ et al., 2008), a síntese proteica está presente no nível que envolve maior abstração, o microscópico, o que explica a dificuldade de aprendizagem destes conceitos. Por serem conceitos distantes do que é observável ou concreto, a transcrição e a tradução são frequentemente apenas memorizadas dentro do chamado “dogma central da biologia”, uma vez que os estudantes têm dificuldade de visualizar esses processos ocorrendo na célula.

Ademais, existem outros fatores que afetam a aprendizagem de estudantes, como o contexto social que eles vivem, desejos, interesses, objetivos pessoais, entre outros (GÖTZ, ZIRNGIBL, PEKRUN E HALL, 2003). Dentre estes outros fatores, destacam-se as formas de aprendizagem preferenciais dos estudantes, as quais estão de acordo com os diferentes sistemas de representação: auditivo, visual e cinestésico (ROMO ALISTE, 2005). Esses sistemas se desenvolvem mais quanto maior for sua utilização (ibid.), de modo que a utilização de diferentes sistemas é positiva para qualquer estudante. No entanto, nas aulas expositivas tradicionais, os sistemas de representação mais trabalhados são o auditivo e o visual, de forma que estudantes que tenham o sistema cinestésico como preferencial tendem a ser mais prejudicados durante o período escolar. Desse modo, para facilitar a aprendizagem de alunos cujo sistema de representação é preferencialmente cinestésico, é necessária a inclusão de atividades práticas que permitam o toque, a ação e a interação com objetos.

Considerando a dificuldade de compreensão de conteúdos abstratos e as diversas formas de aprendizagem de estudantes, é interessante abordar a síntese de proteínas de diferentes formas capazes de tornar o conteúdo mais concreto. Estudos como (FONTES, CHAPANI & SOUZA, 2013; MORONI et al., 2009; SIQUEIRA et al., 2010) mostram a importância do uso de recursos didáticos como simulações, jogos e atividades práticas para o ensino de biologia molecular. Recursos como estes apresentam uma representação visual ou tátil de processos microscópicos, o que torna observável um conceito essencialmente abstrato.

Porém, sabe-se que alguns recursos, como *softwares* didáticos, por exemplo, nem sempre podem ser utilizados pois a presença de computadores em condição de uso não é uma realidade para grande parte das escolas. Assim, propostas de recursos didáticos de menor custo são necessárias, pois são acessíveis e facilitam a concretização dos conceitos envolvidos no tema.

O presente trabalho tem como objetivo relatar a experiência bem sucedida de uma sequência didática com materiais concretos sobre síntese de proteínas e avaliá-la do ponto de vista pedagógico e prático com base na observação das autoras e relatos dos estudantes.

Metodologia

Contexto escolar e pedagógico

O presente estudo foi realizado em um colégio particular localizado na Vila Mariana, São Paulo. Trata-se de um colégio que atende alunos de classe alta com grande tradição de aprovação em vestibulares.

Neste contexto escolar, o corpo docente notou que historicamente os alunos do Ensino Médio apresentavam dificuldades de aprendizagem em temas como genética, já que, muitas vezes, conceitos de síntese proteica e expressão gênica não foram bem compreendidos. Assim, uma sequência didática com o tema “síntese de proteínas” foi proposta pelas autoras e colocada em prática como revisão de conteúdo do ano anterior para dois grupos de 40 alunos das 3^{as} séries do ensino médio (EM). Após o sucesso e avaliação positiva dos alunos, a sequência foi incorporada ao planejamento de aulas da 2^a série logo após aulas expositivas sobre o tema, ajudando a concretizar e fixar os conteúdos. Esta sequência foi aplicada para todas as 12 turmas de 2^a série nos dois anos seguintes dentro da grade curricular, sendo reavaliada e alterada entre cada aplicação. Aqui relatamos e avaliamos a última experiência de aplicação, na qual estavam presentes em

todas as aulas o professor da turma e ao menos uma das desenvolvedoras da atividade.

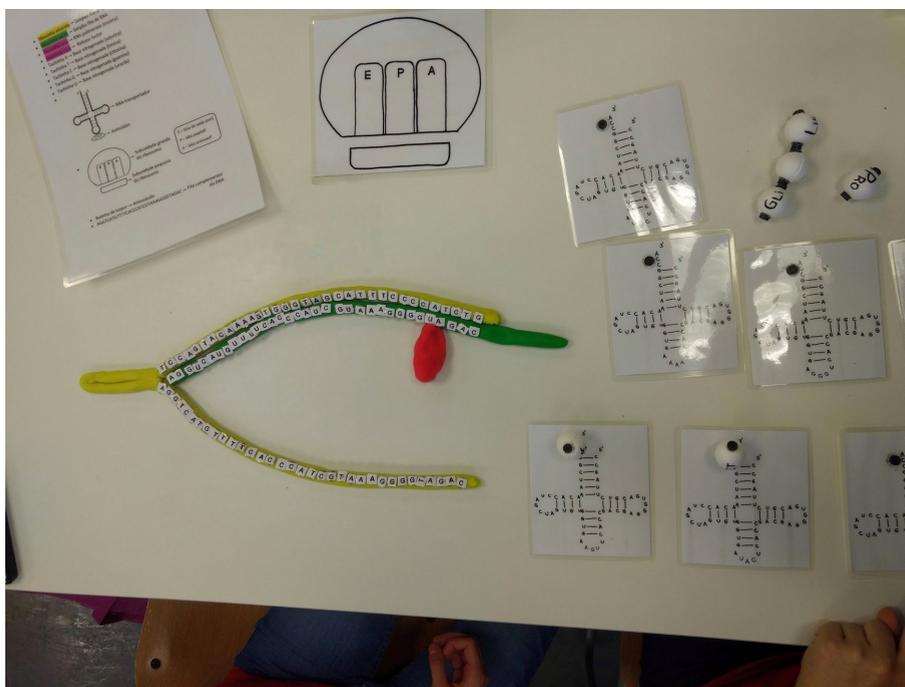
A sequência foi realizada no início do quarto bimestre da 2ª série do EM, após algumas aulas expositivas sobre o tema, sendo o conteúdo anterior, ao final do terceiro bimestre, o ciclo do nitrogênio. O currículo deste colégio integra diferentes áreas da biologia, como no caso, ecologia e biologia molecular com o intuito de mostrar aos alunos que os conhecimentos da biologia e de ciências (através, por exemplo, de aulas interdisciplinares) são integrados. Neste caso, sendo os ácidos nucleicos e proteínas compostos nitrogenados, eles participam do ciclo do nitrogênio.

A sequência didática

Materiais

Os materiais utilizados nesta sequência didática foram escolhidos pela possibilidade de manuseio pelos alunos, baixo custo e alta durabilidade. Foram utilizados modelos impressos e plastificados de ribossomos e RNA transportadores (RNAt), com diferentes anti- códons. Foram utilizadas massas de modelar de cores diferentes para representar as fitas de DNA e RNAm e percevejos coloridos para representar as bases nitrogenadas (A, T, C e G). Além disso, foi usada massa de modelar de outra cor para representar a RNA polimerase durante a transcrição e o fator de liberação (*release factor*) durante a tradução. Por sua vez, para representar os aminoácidos, foram usadas bolas de 25mm de isopor escritas com caneta permanente de modo a identificar qual aminoácido cada bola simbolizava. Foram colados ímãs de ferrite nas duas extremidades das bolas de isopor e no sítio de ligação com o aminoácido nos modelos de RNAt, de modo que se ligassem entre si e com os transportadores. Ademais, foi impressa e plastificada uma legenda com a correspondência do material disponível e seu sentido biológico e a sequência da fita complementar do DNA. Cada um dos grupos (cerca de 10 por sala) de 4 a 6 alunos recebeu um kit contendo o número correto de peças que seriam utilizadas durante a atividade. Os materiais utilizados podem ser visualizados na Figura 1.

Figura 1: Materiais utilizados na primeira versão da sequência didática. À esquerda: massinha amarela representa a fita de DNA, massinha verde a de RNAm, massinha rosa a RNA polimerase, percevejos com letras representam as bases nitrogenadas. À direita: os aminoácidos ligados aos RNAs. No canto superior: a legenda dos materiais e o ribossomo.

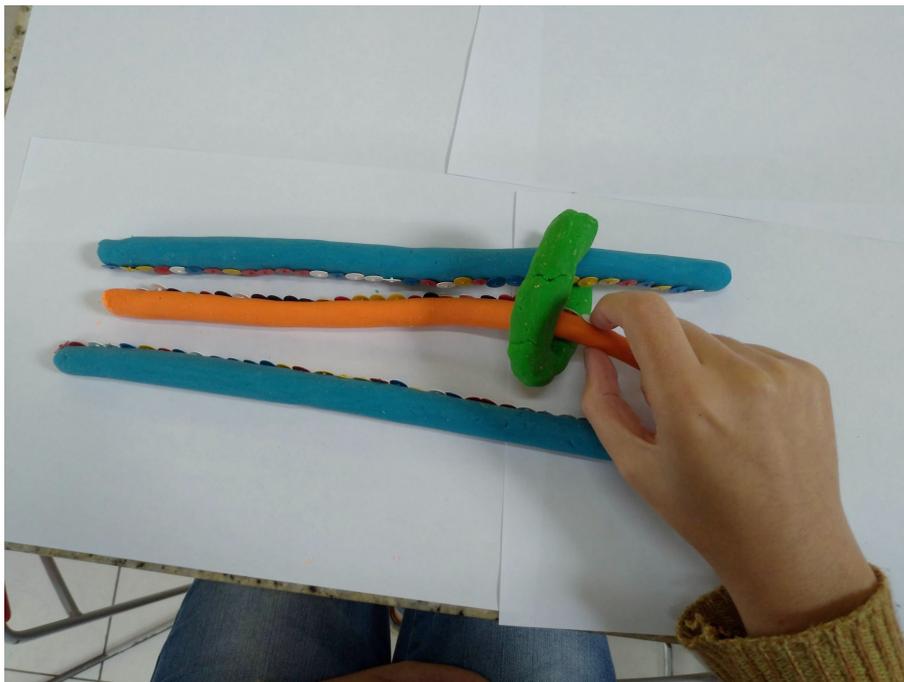


Aula 1: Introdução, complementaridade de bases e transcrição

Primeiramente, houve uma breve apresentação expositiva acerca da importância das proteínas, composição e estrutura dos ácidos nucleicos. A seguir, explicou-se o objetivo da atividade: simular os processos relacionados à síntese de proteínas a fim de compreendê-los mais concretamente. Assim, primeiramente os estudantes foram instruídos a transpor a sequência da fita simples de DNA recebida na legenda para os percevejos fixados na massa de modelar e, através da complementaridade de bases, construir a outra fita de DNA que, em seguida, seria usada como molde para a transcrição. Após todas as fitas estarem completas, o grupo deveria chamar uma professora para conferir a sequência e simular o processo (Figura 2). Durante esta etapa a professora fazia algumas perguntas norteadoras, tais como “Onde é produzida a fita de RNAm? Entre as duas fitas de DNA ou por fora

da fita molde? Por quê?” e “De onde vêm os nucleotídeos livres que a RNA polimerase utiliza para produzir o RNAm?”. Estas perguntas tinham como objetivo fazer os alunos pensarem na conformação química espacial do DNA e na relação entre alimentação e fisiologia celular, respectivamente.

Figura 2: Simulação do processo de transcrição na segunda aplicação da sequência, com a massinha azul representando a fita de DNA, laranja a de RNAm e verde a RNA polimerase. As cores de percevejos representam as diferentes bases nitrogenadas.



Em todas as aulas da sequência, os processos simulados por cada grupo foram avaliados de modo formativo, já que, ao longo do processo, a avaliadora fazia perguntas e dava feedbacks, de forma que, se os conceitos estivessem corretos ao final do processo, o grupo recebia a nota máxima. Por fim, o outro critério utilizado para avaliação foi o comportamento dos alunos - o trabalho em grupo, o envolvimento de todos os integrantes e o respeito à fala alheia. Desse modo, tanto conteúdos conceituais como atitudinais foram avaliados ao longo da sequência didática.

Aula 2: Tradução

Ao início desta aula os alunos foram instruídos a montar novamente a fita de RNA_m e a ligar os aminoácidos aos RNAt utilizando a tabela do código genético como base. Após esta etapa, assim como na aula anterior, os alunos deveriam chamar uma das professoras para simular o processo (Figura 3). Durante a simulação os alunos deveriam encaixar o RNA_m no ribossomo e começar a adição de aminoácidos a partir do códon de início até o códon de parada, onde o fator de liberação entra no ribossomo e encerra o processo. Novamente, neste momento a professora teve o papel de estimular os estudantes com perguntas e avaliar a simulação e a postura dos estudantes, como já mencionado.

Figura 3: Sequência de fotos simulando o processo de tradução, com destaque para o ribossomo (A), a fita de RNA_m representada pela massinha laranja (A e B), os RNAt (B) e as bolas de isopor que representam os aminoácidos (B e C).



Aula 3: Splicing e avaliação da sequência didática

Após relembrar os conceitos aprendidos e a sequência de aminoácidos presente na aula anterior, foi proposta a seguinte pergunta para os alunos “O DNA humano tem aproximadamente 27 mil genes e produzimos mais de 100 mil proteínas. Como isso é possível?” para introduzir o mecanismo de splicing. Uma pequena aula expositiva dialogada ocorreu explicando como ocorre o processo de splicing e sua implicação na possibilidade de ter um menor número de genes para mais proteínas produzidas. Então, os alunos foram instruídos a simular o processo de splicing com a sequência de RNAm utilizada nas aulas anteriores, comparando as duas proteínas formadas. O íntron continha 7 bases nitrogenadas, assim, após o splicing, os aminoácidos do segundo éxon foram diferentes dos originais.

Propusemos então duas questões para os alunos discutirem em grupos e redigirem uma resposta: “Em qual tipo de célula (procarionte ou eucarionte) ocorre o processo de splicing? Por quê?” e “Qual(is) é(são) a(s) vantagem(ns) do splicing para os organismos que são capazes de realizar esse processo?”. A primeira tinha como objetivo relembrar a organização da célula eucariótica e o papel da membrana nuclear; enquanto a segunda, relacionar processos evolutivos com fenômenos moleculares.

Ao final da sequência didática os alunos foram convidados a avaliar o conjunto de aulas através de um questionário online. Dentre as perguntas, destacamos “A atividade contribuiu efetivamente para a consolidação dos conceitos abordados.” e “Qual foi seu nível de envolvimento na atividade realizada?” como relevantes para o presente relato.

Discussão

As respostas às duas perguntas citadas no item anterior se deram como mostram os gráficos abaixo:

Figura 4: Gráfico referente às respostas dos alunos sobre a contribuição da atividade para consolidar conceitos

A atividade contribuiu efetivamente para a consolidação dos conceitos abordados.

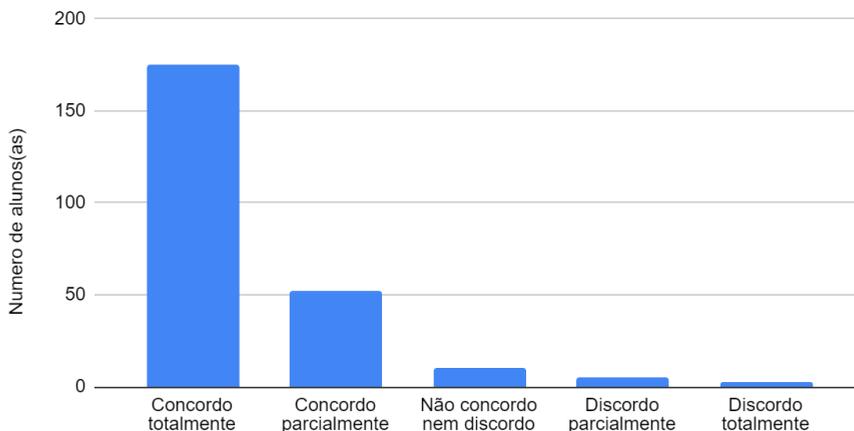
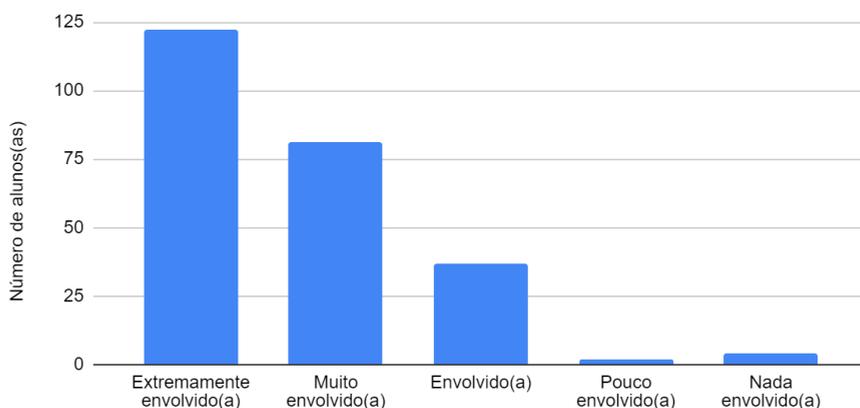


Figura 5: Gráfico referente às respostas dos alunos sobre o próprio envolvimento durante a atividade.

Qual foi seu nível de envolvimento na atividade realizada?



Assim, pode-se observar que a maioria das respostas foram positivas para as duas perguntas feitas. Com essas respostas registradas formalmente e os comentários informais dos alunos durante a sequência didática, os quais mostravam entendimento de partes essenciais do processo de síntese

de proteínas, foi possível notar uma boa recepção e uma percepção positiva da simulação para a concretização dos temas de biologia molecular.

Desse modo, as autoras consideram como positiva a experiência por três pontos principais: a possibilidade de desenvolver uma avaliação formativa, a presença de diferentes interações que geralmente não acontecem em aulas expositivas tradicionais e o preço dos materiais envolvidos na atividade.

Primeiramente, em relação à possibilidade de desenvolver uma avaliação formativa na sequência, é importante frisar que não há consenso quanto à definição de avaliação formativa,

no entanto algumas características são frequentemente consideradas ao se definir esse tipo de avaliação. Segundo Fernandes (2006), nas definições atuais “trata-se de uma avaliação interativa, centrada nos processos cognitivos dos alunos e associada aos processos de feedback, de regulação, de auto-avaliação e de auto-regulação das aprendizagens.” Assim, considerando esta definição, a avaliação presente na sequência classifica-se como formativa uma vez que fornece feedbacks imediatos aos grupos de alunos, que devem também regular seus próprios aprendizados, administrando o tempo utilizado para cada etapa e fazendo perguntas antes, durante ou depois da avaliação para a professora, usando dispositivos eletrônicos ou para os colegas. Este tipo de avaliação é muito importante porque “permite, por um lado, ajudar o aluno a ultrapassar as dificuldades de aprendizagem e, por outro, auxiliar o professor a diferenciar o ensino e a fazer alterações de modo a caminhar no sentido de uma pedagogia diferenciada.” (PACHECO, 1994)

Em segundo lugar, as interações presentes ao longo da sequência desenvolvida ultrapassam as comumente observadas em aulas tradicionais. Em aulas expositivas, dialogadas ou não, a interação predominante é a professor-aluno, sendo outros tipos de interações vistas normalmente como desordem na sala de aula (ZUANON, 2002). Entretanto a interação entre pares é fundamental para o processo de aprendizagem tanto conceitual quanto atitudinal, uma vez que possibilita a evolução dos significados compartilhados, descentralização de opiniões, redução de desigualdade, expressão de emoções (ibid.), visualizar situações sob outras perspectivas, desenvolvimento de autonomia, aprendizagem de atitudes e valores (GAT, 2009). Portanto, atividades que propiciam diversidade de interações em sala de aula, como é o caso da presente sequência, devem ser utilizadas quando possível.

Por fim, o baixo custo dos materiais e seu fácil acesso em lojas e papelarias faz com que a sequência didática exposta possa ser utilizada em diversas escolas com realidades distintas. No entanto, sabe-se que há escolas que não possuem verba para quaisquer compras fora dos materiais previstos no começo do ano, como livros didáticos ou impressões. Assim, o custo, mesmo relativamente baixo dos materiais, pode estar fora do orçamento de algumas escolas, o que impossibilita sua realização.

Outro ponto negativo também referente aos materiais utilizados na sequência é o tempo e trabalho despendidos para sua produção, como por exemplo a colagem dos ímãs nas bolas de isopor e RNAs. Esta parte de preparo da sequência só foi possível de ser realizada devido à presença de estagiárias contratadas pela escola para realizar tais tarefas, as quais, além de realizar esta etapa prévia, também acompanharam o professor das turmas durante as aulas da sequência didática, o que foi essencial para seu bom andamento.

Ademais, além dos aspectos positivos e negativos já citados, as autoras ressaltam que a atividade foi desenvolvida como uma revisão de assuntos já abordados em um ano escolar anterior. Desse modo, ela foi construída de forma a revisitar um tema já estudado e não introduzir conceitos e questionamentos iniciais, o que limitou um pouco seu uso. Considerando a importância do ensino por investigação para a alfabetização e argumentação científica (CARVALHO, 2014), as autoras gostariam de realizar esta atividade não de forma a rever conteúdos, mas sim através de questionamentos em um roteiro guiado, tornando, assim, a sequência investigativa, na qual o professor fornece, no mínimo, os questionamentos.

Conclusões

Desse modo, é importante ressaltar o sucesso desta atividade tanto por facilitar o aprendizado de conteúdos abstratos, propiciar o *feedback* imediato aos alunos e por ter sido avaliada positivamente por alunos e professores, bem como por propiciar interações entre alunos em sala de aula, evento raro em currículos tradicionais. No entanto, a atividade ainda pode ser reavaliada e alterada, de modo a adquirir um caráter investigativo a partir de um roteiro guiado, o que seria importante num contexto de alfabetização e argumentação científica.

Agradecimentos

Agradecemos aos coordenadores Meire de Bartolo e José Ricardo Lemes de Almeida pelo apoio pedagógico e financeiro essenciais para o desenvolvimento da atividade, bem como aos professores de Biologia pela parceria e auxílio na aplicação da atividade.

Referências

BRASIL. Base Nacional Comum Curricular: Ensino Médio. Brasília: MEC/Secretaria de Educação Básica, 2018.

BRASIL. Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs). Ciências da natureza, Matemática e suas Tecnologias. Ensino médio. Brasília: MEC, 2000.

CARVALHO, AMP de. O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning**, p. 1-20, 2013.

FERNANDES, Domingos. Para uma teoria da avaliação formativa. **Revista portuguesa de educação**, v. 19, n. 2, p. 21-50, 2006.

FONTES, George Oliveira; CHAPANI, Daisi Teresinha; DE SOUZA, Ana Lucia Biggi. Simulação do processo de síntese de proteínas: limites e possibilidades de uma atividade didática aplicada a alunos de ensino médio. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 8, n. 1, 2013.

GAT, Ana García et al. La interacción en el grupo-clase como elemento facilitador del aprendizaje. **Cuadernos de Educación y Desarrollo**, n. 3, 2009.

GÖTZ, T., ZIRNGIBL, A., PEKRUN, R. & HALL, N. (2003). **Emotions, learning, and achievement from an educational-psychological perspective**. In P. Mayring & C. v. Rhöneck (Eds.). **Learning emotions. The influence of affective factors on classroom learning** (pp. 9–28). London: Peter Lang.

MORONI, Fábio T. et al. PESCANDO NUCLEOTÍDEOS: UM NOVO JOGO EDUCATIVO PARA O ENSINO DO PROCESSO DE SÍNTESE PROTÉICA PARA

ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO. **Revista de Ensino de Bioquímica**, v. 7, n. 1, p. 36-40, 2009.

PACHECO, José. A avaliação dos alunos na perspectiva da reforma. **Porto: Porto Editora**, 1994.

ALISTE, María Eugenia Romo; REAL, Delfina López; BRAVO, Ilse López. ¿ Eres visual, auditivo o kinestésico? Estilos de aprendizaje desde el modelo de la Programación Neurolingüística (PNL). **Revista Iberoamericana de Educación**, v. 38, n. 2, p. 1-10, 2006.

SÁ, R.G.B.; LOPES, F.M.B.; PEREIRA, A.F.; JÓFILI, Z.M.S.; Carneiro-Leão, A.M.A. **conceitos abstratos: desafios para o ensino-aprendizagem de Biologia**. 2008.

SIQUEIRA, S.S.; BORGES, J.S.; CARVALHO, G., LADEIRA, F.D.; MORAES, K.C. Brincando com as trincas: para entender a síntese proteica. **Genética na Escola**, 5 (1), 34-37. 2010.

ZUANON, Átima Clemente Alves; CAMPUS, U. F. V. O processo ensino-aprendizagem na perspectiva das relações entre: professor-aluno, aluno-conteúdo e aluno-aluno. **Revista ponto de vista**, v. 3, p. 13-23, 2011.