

“Vamos traduzir?” Uma proposta de atividade investigativa sobre síntese proteica

“Let's translate?” A proposal for investigative activity on protein synthesis

Jeane Pignaton Agostini

Débora Barreto Teresa Gradella

Viviana Borges Corte

Juliana Castro Monteiro Pirovani

Resumo: O ensino e aprendizagem sobre síntese proteica não é trivial. Considerado assunto abstrato e de difícil compreensão pelos alunos e para os professores é necessário ter domínio do assunto e recursos didáticos diferenciados. Assim, o objetivo do trabalho é descrever uma sequência de ensino investigativa (SEI) sobre síntese proteica para o ensino médio. A pesquisa caracteriza-se como intervenção pedagógica, trazendo uma SEI composta por quatro etapas, baseadas no ensino por investigação: motivação, problematização e levantamento de hipóteses com uso de kit didático com os componentes da síntese proteica; resolução do problema/investigação; conclusão e sistematização do conhecimento e por fim, o aprofundamento do assunto com uso de um jogo digital sobre os aminoácidos. Portanto, a SEI pode ser uma alternativa ao ensino teórico tradicional sobre síntese proteica no ensino médio e apresenta como potencialidade o trabalho em equipe, leitura, resolução de problemas, argumentação, comunicação oral, pensamento científico e crítico.

Palavras-chaves: pesquisa de intervenção pedagógica; ensino por investigação; jogo digital.

Abstract: Teaching and learning about protein synthesis is not trivial. Considered an abstract subject and difficult to understand by students and teachers, it is necessary to have a subject domain and differentiated didactic resources. Thus, the objective of the work is to describe an Investigative Teaching Sequences (SEI) about protein synthesis for high school. The research is characterized as a pedagogical intervention, bringing a SEI consisting of four stages, based on investigative teaching: motivation, problematization and raising hypotheses using a teaching kit with the components of protein synthesis; problem solving/investigation; conclusion and systematization of the knowledge and, finally, the deepening of the subject with the use of a digital game about amino acids. Therefore, the SEI can be an alternative to the traditional teaching on protein synthesis in high school and presents the potential of teamwork, reading, problem solving, argumentation, oral communication, scientific and critical thinking.

Keywords: pedagogical intervention research; investigative teaching; digital game.

Introdução

Todos os seres vivos são formados por proteínas, que são longos polímeros de aminoácidos, cujas funções são catalítica, estrutural, receptoras de sinais ou transportadoras de substâncias. Nas células, as proteínas são formadas a partir da informação genética contida no Ácido Desoxirribonucleico



(DNA), que é transcrita em uma molécula de Ácido Ribonucleico mensageiro (mRNA), e esta é traduzida em uma sequência linear de aminoácidos correspondentes, sendo, posteriormente, enovelada em uma forma tridimensional, o que garante a função da proteína (NELSON; COX, 2014).

O conhecimento científico sobre replicação, transcrição e tradução é encontrado em livros e em artigos científicos e não vinculado à mídia, pois neste meio de informação é comum encontrar somente informações sobre *a molécula de DNA e engenharia genética (PAES, 2019) e não como as proteínas são formadas. Então, o processo de tradução* será levado para os alunos investigarem *através da seguinte questão problema: como os seres vivos produzem as proteínas?*

Devido à importância da temática, o ensino da síntese proteica está contemplado no Currículo Básico do Ensino Médio da Rede Estadual do Espírito Santo, para ser abordado na primeira série do ensino médio, dentro do eixo *organização celular e funções básicas (ESPÍRITO SANTO, 2009)*. No entanto, esta organização pode variar em outros estados do país, já que segundo os Parâmetros Nacionais Curriculares (PCN), além deste eixo de citologia, a síntese proteica poderia ser abordada dentro do assunto de hereditariedade (BRASIL, 1999).

Ensinar sobre síntese proteica não é algo trivial, pois é um assunto muito abstrato para os alunos e, conforme Silva e Menezes (2021), os alunos têm dificuldades em aprenderem os conceitos relacionados ao ensino da bioquímica.

Além das dificuldades apresentadas, os alunos precisam ter um conhecimento teórico prévio e os professores precisam priorizar metodologias alternativas ao modelo tradicional, ter domínio do assunto e recursos didáticos diferenciados para facilitar o ensino e a aprendizagem da temática (FREITAS; MACIEL-CABRAL; SILVA, 2020).

Dentre os recursos didáticos desenvolvidos e utilizados para o ensino da síntese proteica, encontram-se uso de jogos (SOUZA *et al*, 2019; LOPES *et al*, 2019; ROCHA *et al*, 2017), kits didáticos (ALMEIDA; CARVALHO; PEREIRA,



2021; SILVA; MENEZES, 2021), modelos tridimensionais (LAZZARONI; TEIXEIRA, 2017) e representação teatral (SILVA, 2019).

Para atingir o objetivo do ensino da síntese proteica pretende-se utilizar a abordagem investigativa empregando-se um kit didático e, como aprofundamento do assunto, a utilização de um jogo digital educacional. O uso de jogos em sala de aula torna o ensino mais atraente, dinâmico, lúdico e contribui para facilitar a aprendizagem, principalmente quando envolve assuntos difíceis de se manipular e visualizar processos e conceitos (PAIVA ; TORI, 2017), como é o caso da síntese proteica.

Diante disso, os objetivos educacionais desta sequência investigativa são compreender como se organiza o código genético, entender os mecanismos básicos da síntese proteica e aprender sobre a síntese proteica através da ludicidade, do trabalho em equipe, da resolução de problemas, da leitura de textos e da escrita.

Percurso metodológico

A presente pesquisa tem uma abordagem qualitativa, que

não procura enumerar e/ ou medir os eventos estudados, nem emprega instrumental estatístico na análise dos dados. Parte de questões ou focos de interesses amplos, que vão se definindo à medida que o estudo se desenvolve. Envolve a obtenção de dados descritivos sobre pessoas, lugares e processos interativos pelo contato direto do pesquisador com a situação estudada, procurando compreender os fenômenos segundo a perspectiva dos sujeitos, ou seja, dos participantes da situação em estudo (GODOY, 1995, p. 58).

Esta abordagem traz uma proposta de intervenção pedagógica, que se define como

investigações que envolvem o planejamento e a implementação de interferências (mudanças, inovações) – destinadas a produzir avanços, melhorias, nos processos de aprendizagem dos sujeitos que delas participam – e a posterior avaliação dos efeitos dessas interferências (DAMIANI *et al.*, 2013, p. 58).

Esta proposta de intervenção está orientada no ensino por investigação, definido por Carvalho (2018) como



o ensino dos conteúdos programáticos em que o professor cria condições em sua sala de aula para os alunos: • pensarem, levando em conta a estrutura do conhecimento; • falarem, evidenciando seus argumentos e conhecimentos construídos; • lerem, entendendo criticamente o conteúdo lido; • escreverem, mostrando autoria e clareza nas ideias expostas (CARVALHO, 2018, p. 766).

Para desenvolver a SEI, são necessários os seguintes materiais: o texto motivador sobre proteínas (anexo I); um aparelho projetor (caso a escola não possua este recurso, o professor poderá imprimir o texto); Kit das estruturas da tradução (anexo II); textos obtidos de sites para pesquisa (anexo III); livro didático da turma para ser uma fonte de pesquisa; e aparelhos celulares dos alunos.

A SEI foi desenvolvida para ser realizada no ensino presencial com alunos do ensino médio, duração de quatro aulas de 50 minutos cada e divididas em quatro etapas. Estas etapas estão de acordo com as orientações de Carvalho (2018), sintetizadas no quadro 1.

Quadro 1- Síntese da atividade investigativa

Aulas	Atividades propostas	Habilidades trabalhadas	Etapas do ensino por investigação
Aula 1	- Leitura do texto motivador sobre proteínas; - Montagem do processo da tradução.	- Leitura; - Resolução de problemas; - Escuta e negociação; - Escrita; - Trabalho em equipe.	- Motivação; - Problematização; - Levantamento e registro de hipóteses.
Aula 2	- Remontagem do processo da tradução;	- Escuta e negociação; - Resolução de problemas; - Trabalho em equipe; - Argumentação;	- Resolução do problema.
Aula 3	- Apresentação das conclusões; - Vídeo de sistematização do conhecimento.	- Trabalho em equipe; - Argumentação; - Comunicação oral; - Pensamento científico e crítico.	- Retomada da questão problema e apresentação das conclusões com a argumentação; - Sistematização do conhecimento.

Aula 4	<ul style="list-style-type: none"> - Jogo Amigoácido; - Avaliação. 	<ul style="list-style-type: none"> - Concentração; - Cultura digital; - Resolução de problemas; - Comunicação oral; - Escrita. 	<ul style="list-style-type: none"> - Aprofundamento do assunto. - Avaliação
--------	--	---	---

Fonte: elaborado pelas autoras

A **primeira etapa** denominada *Motivação, problematização e levantamento de hipóteses* utilizará uma aula de 50 minutos e poderá ser distribuída da seguinte forma: 10 minutos para a apresentação e discussão de um texto, 25 minutos para o levantamento de hipóteses e 15 minutos para a apresentação das hipóteses.

Inicialmente, será apresentado para os alunos um texto motivador intitulado '*Todos os seres vivos usam os mesmos 20 aminoácidos. Este é o porquê.*' (Anexo 1). O professor pode projetar o texto no quadro utilizando um aparelho multimídia ou imprimir o texto e entregar para os alunos fazerem uma leitura compartilhada.

Diferentes níveis de investigação fazem parte do cotidiano dos cientistas. Ora utilizam protocolos já prontos e consolidados, ora desenvolvem novas maneiras de investigar um determinado assunto (MUNFORD; LIMA, 2007). No ensino de ciências, as atividades propostas também podem ter diferentes graus de liberdade, de acordo com as informações que são fornecidas aos estudantes durante as suas investigações (BANCHI; BELL, 2008).

Com a discussão do texto, o professor observará quais são os conhecimentos prévios dos estudantes sobre proteínas. Para tentar um maior grau de liberdade o professor conduzirá a discussão a fim de que surja, a partir da curiosidade dos estudantes, a pergunta: *como a célula identifica a ordem correta dos aminoácidos para produzir uma proteína?* Caso seja possível, teremos um grupo de estudantes investigando questões construídas por eles próprios, o que pode tornar a atividade muito mais motivadora. Entretanto, nem sempre será possível que se alcance uma atividade aberta como sugerido - atividade nível 4 ou investigação aberta (*open inquiry*), segundo Banchi e Bell

(2008), isso vai depender da experiência do professor na aplicação e da turma no engajamento em atividades com a abordagem investigativa.

Para responder ao problema, os alunos serão divididos em quatro grupos para levantarem as suas hipóteses de acordo com os seus conhecimentos prévios, e cada grupo receberá um kit do professor para montar o processo da tradução (Anexo 2). Este kit contém os esquemas das estruturas responsáveis pelo processo de síntese proteica, como o ribossomo, o mRNA, os tRNAs, o fator de liberação e o código genético. O professor deve explicar para os alunos que eles não precisam utilizar todas as estruturas presentes no kit.

Os grupos farão apresentações oralmente, com argumentos que expliquem a montagem do processo de tradução elaborado a partir dos seus conhecimentos prévios e os possíveis motivos de colocar cada estrutura naquele lugar. Eles devem fotografar a estrutura montada para utilizá-la na segunda etapa.

A **segunda etapa** denominada *resolução do problema*, e na segunda aula, nos mesmos grupos da aula anterior, os alunos irão investigar sobre a questão problema no livro didático da turma, em sites sugeridos pelo professor (anexo 3), e/ou em outros sites de pesquisa que os alunos optarem e orientados pelo professor sobre a sua confiabilidade. O objetivo dessa pesquisa é para que os alunos montem novamente o processo de tradução baseando-se no conhecimento científico pesquisado e comparem com a montagem fotografada anteriormente.

Para o primeiro e segundo momento da atividade, o professor poderá levar a turma para a biblioteca, caso a escola possua, pois normalmente as bibliotecas possuem mesas maiores que facilitam a montagem das estruturas da atividade.

A **terceira etapa** e na terceira aula, denominada *retomada da questão problema, apresentação das conclusões e sistematização do conhecimento*, cada grupo apresentará as estruturas que eles montaram no processo de tradução, refutando ou aceitando as suas hipóteses iniciais levantadas e



apresentando os seus argumentos. O professor discutirá com os alunos as possíveis dúvidas que surgirem no decorrer das apresentações.

Como forma de sistematizar este conteúdo o professor apresentará um vídeo intitulado “*Transcrição e Tradução: síntese de proteínas COMPLETO*” disponível no canal do Youtube *Mais Biologia* de Roger Maia, com duração de 9:58 minutos. O professor discute o vídeo com a turma e sana as dúvidas que possam surgir.

Por fim, na quarta **etapa** e na quarta aula, denominada aprofundamento do assunto, mesmo com a sistematização do assunto, pode haver ainda dúvidas que os alunos não conseguiram levantar, por exemplo, devido à timidez e, também, por ser um processo abstrato de difícil compreensão. Por isso, é necessário aprofundar a questão problema.

Segundo Carvalho (2013), as atividades de aprofundamento podem ser textos, figuras de revistas, jogos e/ou simulações do assunto tratado, e que essas atividades sejam aplicações interessantes do conteúdo que está sendo desenvolvido.

Como atividade de aprofundamento será utilizado um jogo intitulado *Amigoácido* (SOUZA *et al*, 2019). Este jogo está disponível para celulares com o *software Android* e para maiores informações veja o anexo 4. O objetivo da utilização do jogo é ajudar os alunos a compreenderem o código genético.

O jogo é de uso individual, mas o professor poderá formar grupos entre os alunos que não possuam celulares (a depender das recomendações sanitárias vigentes quanto ao distanciamento social devido à pandemia do Covid-19).

Quando os alunos finalizarem o jogo, depois que eles descobrirem todos os 20 aminoácidos, o professor poderá perguntar a opinião deles sobre o jogo e quais dúvidas surgiram ao longo do processo.

Para finalizar a proposta, o professor solicita para os alunos que escrevam, individualmente, no caderno o que aprenderam sobre a síntese proteica. Como orienta Carvalho (2013), os alunos serão avaliados através de uma avaliação formativa e não por meio de uma avaliação somativa. Para isto, serão analisadas as participações deles durante todas as etapas da atividade



investigativa, então é importante que o professor registre as suas observações e análise a escrita dos cadernos dos alunos.

Discussão

A atividade investigativa possibilita que os alunos desenvolvam competências científicas como a elaboração de hipóteses, a argumentação e apresentação de resultados através da comunicação e, assim, sejam protagonistas do seu processo de aprendizagem sobre a tradução.

O ensino por investigação permite que o aluno investigue sobre o conhecimento científico da tradução a partir de uma questão problema e não receba o conhecimento do professor de forma passiva. Dessa forma, promove uma aprendizagem ativa, que transcende à memorização de processos (BRASIL, 1999), corroborando as orientações previstas no PCN.

As características observadas em uma atividade investigativa são engajamento dos estudantes para realizar as atividades, o levantamento de hipóteses para identificar os conhecimentos prévios dos alunos, a busca por informação em bibliografias para ajudar na resolução do problema proposto na atividade e a comunicação do estudo realizado pelos alunos (ZAMPERO; LABURÚ, 2016) com estímulo ao desenvolvimentos das capacidades argumentativa e dialógica.

Para a realização da atividade investigativa foi elaborado um kit didático e de acordo com Almeida, Carvalho e Pereira (2021), o uso deste tipo de recurso torna o assunto mais compreensível aos alunos, contribui para o processo de transposição do campo da abstração e traz o estudo para a prática na sala de aula. Silva e Menezes (2021) destacam a construção de um modelo mental de síntese de proteínas pelos alunos, pois fornece uma representação simbólica do processo por meio de interações guiadas e, assim, podem promover uma visão mais concreta do assunto e uma melhor aprendizagem.

Outro recurso proposto na SEI foi o uso de um jogo digital durante a etapa de aprofundamento do assunto. De acordo com Lopes *et al* (2019) o uso de jogos permite que os alunos tenham contato com as estruturas envolvidas na síntese proteica, detecta as principais dificuldades e erros de conceitos

cometidos pelos discentes, possibilita a discussão das dúvidas entre si e busca saná-las, estimula as atividades cognitivas do conteúdo e amplia o contato do aluno com o assunto. Também, Rocha *et al* (2017) afirmam que o jogo potencializa o ganho de conhecimento no processo ensino e aprendizagem e alinha a aprendizagem ao prazer.

Além das características vinculadas ao caráter investigativo da atividade, outro aspecto positivo é a facilidade de obtenção dos materiais e de seu baixo custo. Isto é importante visto que muitas escolas não têm muitos recursos disponíveis para a compra de diversos materiais.

Considerações finais

Esta atividade é uma proposta de ensino investigativo que pode ser adaptada para o ensino remoto, utilizando-se aulas síncronas, ou outras modalidades e contextos educacionais. As autoras destacam que a proposta de ensino se constitui em um caminho possível, que deve ser vista pelo professor como uma ideia base adaptável, mas não como um roteiro fechado. Assim, as diversidades de contextos escolares devem ser sempre consideradas.

Conforme a realidade de cada escola e turma, o professor pode adaptar a proposta para que os alunos construam um jogo sobre a tradução, ao invés de utilizar o aplicativo, em parceria com outro componente curricular, ou ainda como tarefa de casa, a partir das instruções do professor. Outro caminho possível é que os alunos montem o processo de tradução na ferramenta do *Power Point*, neste caso a escola deve possuir este recurso tecnológico.

Para a realização desta proposta, é recomendável que os alunos possuam os conhecimentos prévios relativos à transcrição e o entendimento sobre o DNA, caso contrário, a investigação pode demorar mais e/ou os alunos não se sentirem motivados para a realização da proposta.

É importante que o professor entenda a sua função na hora de conduzir uma atividade investigativa que é a de mediador durante todas as etapas propostas, atentos à promoção da autonomia dos estudantes e mantendo-os encorajados a participarem da atividade.



Como perspectiva futura para a continuidade da pesquisa será realizada a aplicação desta sequência de ensino investigativa. Assim, espera-se que esta atividade engaje os alunos a participarem da aula tornando-os cada vez mais protagonistas na construção de seus conhecimentos.

Agradecimento

“O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001”.

Referências

ALMEIDA, P. M.; CARVALHO, D. S.; PEREIRA, C.A. Aprendendo síntese proteica de forma interativa e lúdica: O Desafio da Síntese Proteica. **Journal of Biochemistry Education**. v. 20, n.2, 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/348981979_Aprendendo_sintese_prot_eica_de_forma_interativa_e_ludica_o_desafio_da_sintese_proteica. Acesso em: 21 ago.2021.

BANCHI, H.; BELL, R. Inquiry comes in various forms. **Science and Children**. v. 27, p. 26-29. 2008. Disponível em: <https://www.michiganseagrant.org/lessons/wp-content/uploads/sites/3/2019/04/The-Many-Levels-of-Inquiry-NSTA-article.pdf>. Acesso em: 24 ago. 2021.

BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros curriculares nacionais - ensino médio**: parte 3, ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília, DF, 1999. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>. Acesso em: 07 mai. 2021.

CARVALHO, A. M. P. **O ensino de ciências e a proposição de sequências didáticas investigativas**. In: CARVALHO, A. M. P. (orgs.) Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

_____. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. v. 18, n.3, p. 765–794, 2018. Disponível em <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4852>. Acesso em: 10 maio 2021.

Damiani, M. F. et al. Discutindo pesquisas do tipo intervenção pedagógica. **Cadernos de Educação**, n. 45, p. 57-67, 2013. Disponível em:



<https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/caduc/article/view/3822>. Acesso em: 25 ago. 2021.

ESPÍRITO SANTO. Secretaria da Educação. **Currículo Básico Escola Estadual**. Ensino médio : área de Ciências da Natureza /. – Vitória : SEDU. v. 2. 2009 Disponível em: <https://sedu.es.gov.br/Media/sedu/pdf%20e%20Arquivos/Ensino%20M%C3%A9dio%20-%20Volume%202%20-20Ci%C3%A7ncias%20da%20Natureza.pdf> Acesso em: 07 mai. 2021.

197

FREITAS, X.M.S.; MACIEL-CABRAL, H.M.; SILVA, CC. O ensino do dogma central da biologia molecular: dificuldades e desafios. **Revista Multidisciplinar em Educação**, v. 7, p. 452-468, jan/dez. 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Cirlande-Silva-2/publication/341697122_O_ensino_do_dogma_central_da_biologia_molecular_dificuldades_e_desafios/links/5ed4e77992851c9c5e71f5a7/O-ensino-do-dogma-central-da-biologia-molecular-dificuldades-e-desafios.pdf. Acesso em: 08 mai. 2021.

GODOY, A. S. Pesquisa qualitativa: tipos fundamentais. **Revista de Administração de Empresas**, v. 35, n. 3, p. 20-29, 1995. Disponível em: <http://www.spell.org.br/documentos/ver/12736/pesquisa-qualitativa--tipos-fundamentais/i/pt-br>. Acesso em: 23 ago. 2021.

LAZZARONI, A.A.; TEIXEIRA, G.A.P.B. Construção e aplicação de um modelo tridimensional como recurso didático para o ensino de síntese proteica. **Journal of Biochemistry Education**. v. 15, n.2, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/321952885_Construcao_e_aplicacao_de_um_modelo_tridimensional_como_recurso_didatico_para_o_ensino_de_sintese_proteica. Acesso em: 21 ago. 2021.

LOPES, C.; *et al.* JOGO DA SÍNTESE PROTEICA COMO UM FACILITADOR DO APRENDIZADO NA DISCIPLINA DE GENÉTICA. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 11, n. 1, 14 fev. 2019. Disponível em: <https://periodicos.unipampa.edu.br/index.php/SIEPE/article/view/87575>. Acesso em: 21 ago. 2021.

MUNFORD, D.; LIMA, M.E.C.D.C.E. Ensinar ciências por investigação: em que estamos de acordo? **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v.9, n.1, 2007. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/307677883_Ensinar_ciencias_por_investigacao_em_que_estamos_de_acordo. Acesso em: 25 ago. 2021.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de bioquímica de Lehninger**. Tradução de Ana Beatriz Gorini da Veiga et al. ; revisão técnica de Carlos Termignoni *et al.*.6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2014.

PAES, K. C. **Da molécula de dna às proteínas**: dinamizando o ensino por meio de materiais didáticos e ludicidade. 2019. 96f. Dissertação (Mestrado



Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional) – Centro Universitário Norte do Espírito Santo, Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, , 2019. Disponível em: <https://www.profbio.ufmg.br/wp-content/uploads/2021/02/Kelly-Paes-TCM.pdf>. Acesso em: 08 dez. 2021.

PAIVA, C. A.; TORI, R. **Jogos Digitais no Ensino**: Processos cognitivos, benefícios e desafios. In. XVI Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital, Curitiba. p. 1052- 1055, 2017. Disponível em: <http://www.sbgames.org/sbgames2017/papers/CulturaShort/175287.pdf>. Acesso em: 07 mai. 2021.

REECE, J. B. *et al.* **Biologia de Campbell**. Tradução: VILLELA, A. D. *et al.* Revisão técnica : MACHADO, D. C; RENARD, G.; OLIVEIRA, P. L. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

ROCHA, N.C. Jogo didático “síntese proteica” para favorecer a aprendizagem de biologia celular. **Experiências em Ensino de Ciências**. v.12, n.2. 2017. Disponível em: https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID353/v12_n2_a2017.pdf. Acesso em: 21 ago 2021.

SILVA, S. M. B. **A representação teatral como um recurso didático para o ensino da genética no ensino médio**: síntese proteica. Orientadora: Profa. Dra. Márcia Rosa de Oliveira. 2019. 101 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Biologia). Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade Federal da Paraíba. Paraíba, 2019. Disponível em https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/19139/1/SergioMelquiorBarbosaDaSilva_Dissert.pdf. Acesso em: 21 ago. 2021.

SILVA, V. T.; MENEZES, J. P. C.. Avaliando a eficácia de uma oficina orientada a “Síntese Proteica”: contribuições e possibilidades para o ensino de bioquímica no Ensino Médio. **Revista de Ensino de Bioquímica**, São Paulo, v. 20, n. 2, p. 14-29, fev. 2021. DOI: <https://doi.org/10.16923/reb.v20i2.924>. Disponível em: <http://bioquimica.org.br/revista/ojs/index.php/REB/article/view/924/741>. Acesso em: 21 ago. 2021.

SOUZA et al. Um jogo educativo para o ensino do código genético de forma lúdica. In: SBGames. XVIII, Rio de Janeiro, 2019. **Anais eletrônicos**. Rio de Janeiro, 2019 p.1228-1231. Disponível em <https://www.sbgames.org/sbgames2019/files/papers/EducacaoShort/198295.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2016.

ZOMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. **Atividades investigativas para aulas de ciências**: um diálogo com a teoria da aprendizagem significativa. 1. ed. Curitiba: Appris, 2016.



Anexo 1

Texto motivador para o professor imprimir ou projetar com aparelho multimídia.

“Todos os seres vivos usam os mesmos 20 aminoácidos. Este é o porque.

199

As proteínas são os burros de carga da vida. Seus músculos são feitos de proteínas (actina e miosina). Suas unhas (queratina) também. São proteínas que digerem os carboidratos que você come (amilase) no momento em que eles tocam a saliva. A função do seu DNA, diga-se, é armazenar as receitas para fabricar as cerca de 92 mil proteínas do seu corpo. Uma vez produzidas, elas fazem o resto.

As proteínas são cadeias de componentes químicos menores chamados aminoácidos. Os aminoácidos têm nomes que soam como uma reunião de idosos psicodélicas: lisina, alanina, leucina... São 20, ao todo. E o mais curioso é que os 20 aminoácidos essenciais para o ser humano são os mesmos que são essenciais para uma vaca, um morcego ou uma árvore. Toda a biosfera é montada com as mesmas peças de LEGO.

Especialistas da área sempre acharam meio estranho que, com tanta variedade disponível, apenas este conjunto limitado fosse usado pelos seres vivos. Análises de meteoritos que caíram na Terra mostraram a existência de mais de 80 aminoácidos nas rochas espaciais. Então por que esses 20 são os queridinhos da vida? Há algo de especial neles ou seria só uma configuração que a evolução das espécies cristalizou e reproduziu ad aeternum?

Publicado segunda (29) no periódico PNAS, um estudo conduzido por químicos do Instituto de Tecnologia da Geórgia e do Instituto de Pesquisa *Scripps*, nos Estados Unidos, concluiu que não — não é mera coincidência. Esses aminoácidos são feitos um para o outro, eles combinam. Reagem muito bem entre si, com bastante eficiência, e apresentam poucas reações colaterais adversas. Por isso tendem a formar ligações com maior facilidade”.

Fonte: VAIANO, B. Todos os seres vivos usam os mesmos 20 aminoácidos. Este é o porquê. **SuperInteressante**, 2019. Disponível em:

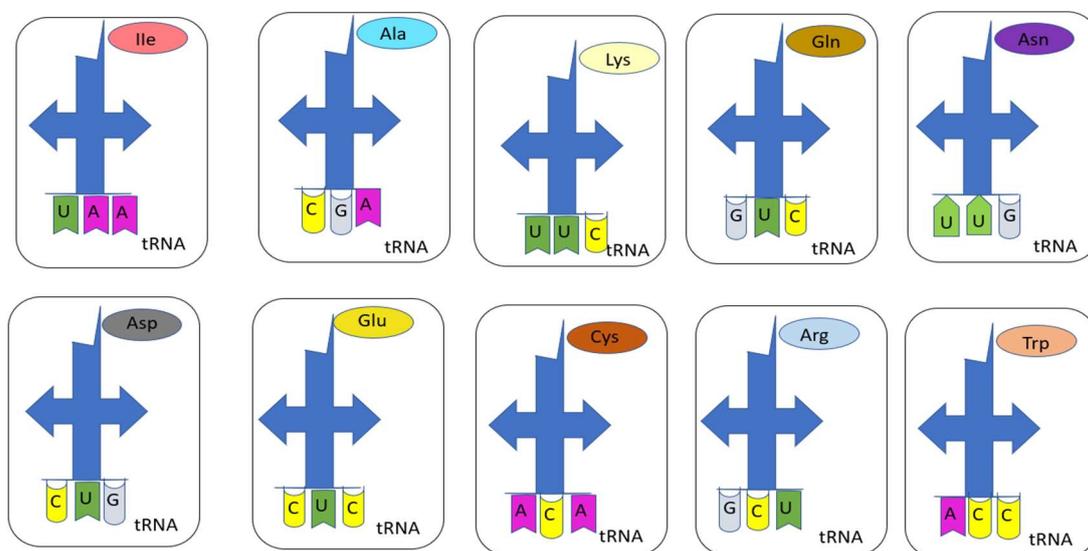


<https://super.abril.com.br/ciencia/todos-os-seres-vivos-usam-os-mesmos-20-aminoacidos-este-e-o-porque/>. Acesso em 08 mai 2021.

Anexo 2

Abaixo segue o modelo do kit da tradução para impressão e entrega para cada grupo de alunos (Figura 1). O professor pode colar em um papel cartão ou imprimir numa folha com a gramatura maior para facilitar a montagem. Os alunos deverão recortar as peças para conseguirem montar, além de colarem um ímã (folha imantada) atrás dos aminoácidos dos tRNAs para facilitar a sua retirada no processo de tradução. Nem todas as peças dos tRNAs serão utilizadas, mas foi colocado para os alunos perceberem que existem 20 aminoácidos possíveis para sintetizar uma proteína. Além disso, o professor disponibilizará o código genético impresso (Figura 2) junto com o Kit da tradução para ajudar os alunos na montagem.

Figura 1 - Kit para a montagem do processo de tradução. Fonte: própria dos autores.



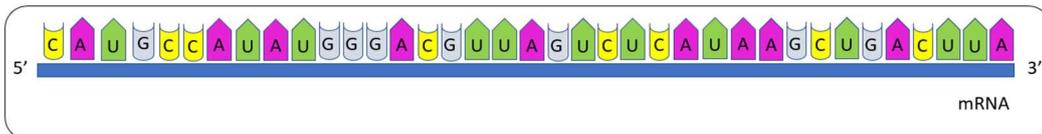
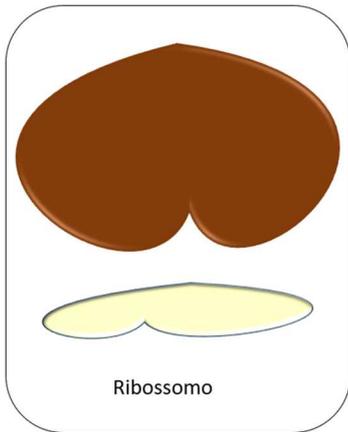
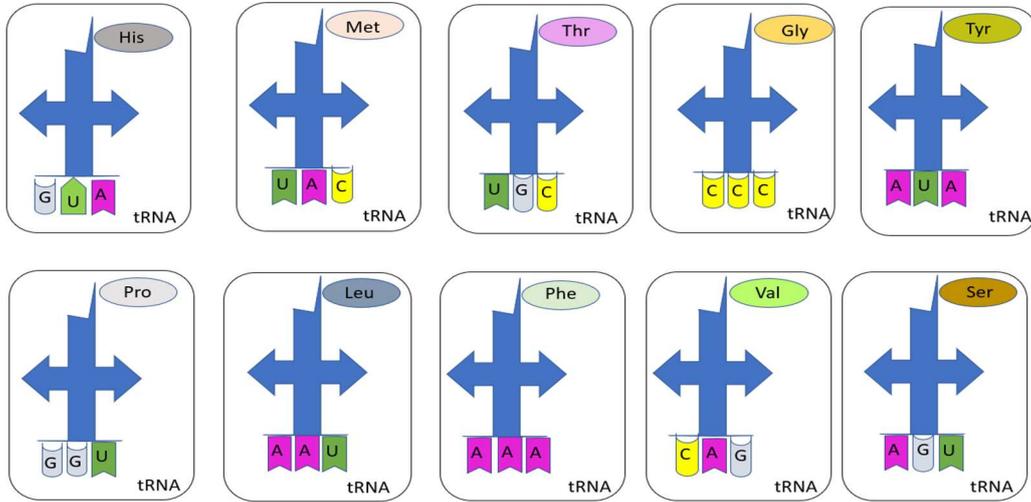


Figura 2 – Código genético para os alunos consultarem. Fonte: Reece et al, 2015.

		Segunda base do RNAm					
		U	C	A	G		
Primeira base do RNAm (extremidade 5' do códon)	U	UUU } Phe	UCU } Ser	UAU } Tir	UGU } Cys	U	C
		UUC } Leu	UCC } Ser	UAC } Tir	UGC } Cys		
		UUA } Leu	UCA } Ser	UAA } Códon de término	UGA } Códon de término		
		UUG } Leu	UCG } Ser	UAG } Códon de término	UGG } Trp		
C	CUU } Leu	CCU } Pro	CAU } His	CGU } Arg	U	C	A
	CUC } Leu	CCC } Pro	CAC } His	CGC } Arg			
	CUA } Leu	CCA } Pro	CAA } Gln	CGA } Arg			
	CUG } Leu	CCG } Pro	CAG } Gln	CGG } Arg			
A	AUU } Ile	ACU } Thr	AAU } Asn	AGU } Ser	U	C	A
	AUC } Ile	ACC } Thr	AAC } Asn	AGC } Ser			
	AUA } Ile	ACA } Thr	AAA } Lis	AGA } Arg			
	AUG } Met ou códon de início	ACG } Thr	AAG } Lis	AGG } Arg			
G	GUU } Val	GCU } Ala	GAU } Asp	GGU } Gly	U	C	A
	GUC } Val	GCC } Ala	GAC } Asp	GGC } Gly			
	GUA } Val	GCA } Ala	GAA } Glu	GGA } Gly			
	GUG } Val	GCG } Ala	GAG } Glu	GGG } Gly			
						Terceira base do RNAm (extremidade 3' do códon)	
						G	

Se o professor tiver interesse no arquivo do kit no formato em Power Point, –poderá entrar em contato com a autora principal no e-mail jeaneagostini@gmail.com.

É importante lembrar que, como o processo de tradução é dinâmico e os tRNAs vão saindo, deixando somente o aminoácido na cadeia polipeptídica e o ribossomo vai se deslocando até chegar no códon de parada, os alunos podem retirar os tRNAs e deixarem somente os aminoácidos. Os alunos irão encaixar os tRNAs com o aminoácido (Figura 3), e com a retirada dos tRNA, ribossomo e fator de liberação, resultará na sequência final da cadeia polipeptídica (Figura 4).

Figura 3 - Gabarito do esquema de tradução. Os transportadores estão na imagem apenas para demonstrar a complementaridade das bases do códon e anticódon, mas devem ser retirados à medida que o ribossomo se desloca. Fonte: própria dos autores

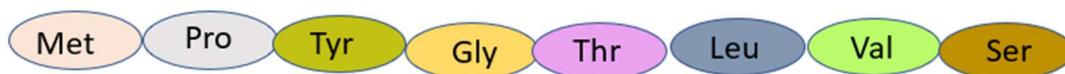
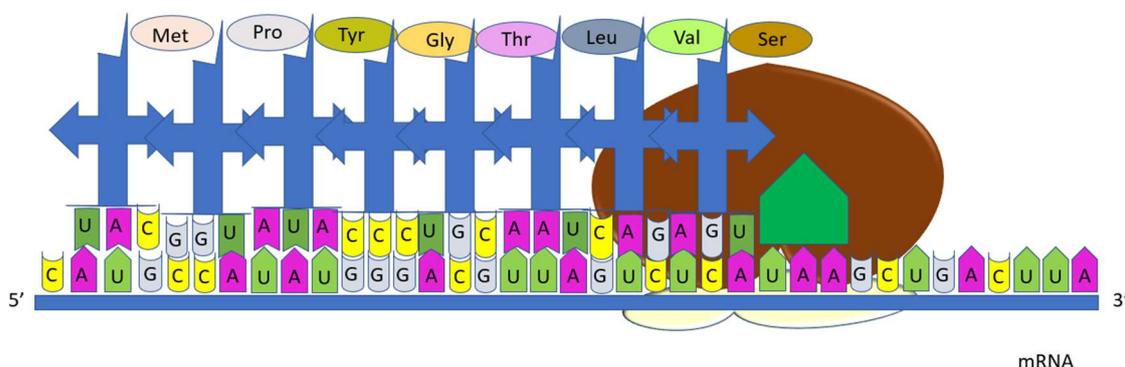


Figura 4 - Gabarito da cadeia polipeptídica. Fonte: própria dos autores

Anexo 3

Lista de sugestões de bibliografias para pesquisa da investigação.

BORGES. J. C. VIDA É INFORMAÇÃO. *Ciência Hoje*. 2008. Disponível em: <https://cienciahoje.org.br/coluna/vida-e-informacao/>. Acesso em: 28 abri. 2021.

OLIVEIRA, G. O código genético. Blog da UNICAMP. 2021. Disponível em: <https://www.blogs.unicamp.br/covid-19/o-codigo-genetico/> Acesso em: 28 abri. 2021.

A fantástica fábrica de proteínas. *Ciência Hoje das crianças*. P.9 2009. Disponível em: https://cienciahoje.periodicos.capes.gov.br/storage/acervo/chc/chc_201.pdf. Acesso em: 28 abri. 2021.

Anexo 4

O link para baixar o jogo Amigoácido é o seguinte <http://bit.ly/Amigoacido-V3-2>, também encontrado neste link:

<https://drive.google.com/open?id=1rdlxpGEZzf9NJYARR60qW6V6ZWabDXDz>.

204

As informações abaixo foram retiradas do site do jogo <https://github.com/julianayuri/Amigoacido>

Os objetivos do jogo: Localizar a ocorrência da síntese proteica em uma célula eucariótica; identificar as estruturas e organelas envolvidas no processo da síntese proteica; compreender a estrutura de um aminoácido e a importância do seu papel biológico; estabelecer relações entre RNA, aminoácido e proteína de modo a compreender parte do dogma central da biologia.

Justificativa de Uso: O jogo aminoácido configura-se em uma ferramenta de uso individual que pode ser usado fora do ambiente escolar pelo seu caráter lúdico e de entretenimento. O jogo pode ser instalado facilmente no celular do jogador, tornando-se, desse modo, de fácil acesso. Além disso, os assuntos abordados são de extrema importância para os alunos do ensino médio.

Conteúdos Trabalhados: Papel biológico dos aminoácidos, estrutura dos aminoácidos, síntese de proteínas em células eucarióticas, estrutura do RNA, estrutura e organização da célula eucariótica, função das organelas celulares.

Mecânica

Aquisição de Recursos: Cada aminoácido produz uma quantidade de energia por segundo e além disso, cada vez que o jogador clica no personagem o aminoácido produz energia.

Aquisição de Personagens: Para criar um aminoácido é preciso informar uma sequência de três nucleotídeos correspondente com o códon disponibilizado.

Transações: O jogo possui uma loja virtual, nela é possível comprar códons (pedaços de RNAm) e realizar o upgrade dos aminoácidos para aumentar a capacidade de produção.

Avaliação e Feedback: O sistema de avaliação e feedback para o jogador acontece através da barra de estabilidade da célula. Ao realizar a tradução corretamente o valor da barra será aumentada em 5 pontos. Já se a tradução for diferente do esperado, o valor da barra de estabilidade será reduzida em 15 pontos. Quando a barra atingir valores menores que 15, a



fábrica de aminoácidos será bloqueada e o jogador deve esperar 5 minutos para que a célula recupere sua estabilidade.

Tutorial: Quando o jogador entra no jogo pela primeira vez uma sequência de imagens é apresentada ensinando o jogador a mecânica do jogo. Esse tutorial pode ser revisto indo na aba de configurações e clicando no botão 'Tutorial'.

Personagens

Os personagens do jogo são os 20 aminoácidos: Glicina, Alanina, Leucina, Valina, Isoleucina, Prolina, Fenilalanina, Serina, Treonina, Cisteína, Tirosina, Asparagina, Glutamina, Ácido aspártico, Ácido glutâmico, Arginina, Lisina, Histidina, Triptofano e Metionina.

Gameplay

Amigoácido é um jogo do gênero clicker game que acontece no interior de uma célula eucariótica. O objeto é obter a maior quantidade de energia possível. Quanto mais aminoácidos o jogador tiver, mais energia a célula irá armazenar e produzir. Cada aminoácido produz uma quantidade de energia por segundo e, é possível fazer o upgrade de cada aminoácido para aumentar a capacidade de produção. Para criar um aminoácido o jogador deve comprar códons e informar a sequência de nucleotídeos correspondente ao códon (anticódon). Essa transformação é feita por uma organela chamada Ribossomo, ao informar uma sequência correta a estabilidade da célula é aumentada em 5 pontos, já ao errar a estabilidade é reduzida em 15 pontos. Uma observação importante é que foram escolhidas imagens de pequenos monstros para representar os aminoácidos, tornando o jogo mais divertido e lúdico para os jogadores. Quando um jogador descobre um aminoácido, é possível ir até a loja e clicar no ícone dele para obter mais informações a seu respeito.

Sobre os Autores

Jeane Pignaton Agostini

jeaneagostini@gmail.com

Professora da Secretaria do Estado de Educação e Mestranda do Programa de Pós graduação Mestrado Profissional em Ensino de Biologia (PROFBIO) da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES – CEUNES).

Débora Barreto Teresa Gradella

debora.gradella@ufes.br

Professora Associada do Departamento de Ciências da Saúde do Centro Universitário Norte do Espírito Santo da Universidade Federal do Espírito Santo. Professora colaboradora do Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Biologia, PROFBIO.



Viviana Borges Corte

viviana.borges@gmail.com

Professora permanente PROFBIO. Professora associada no Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Espírito Santo, *campus* Goiabeiras.

Juliana Castro Monteiro Pirovani

acmonteiro@gmail.com

Professora associada do Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas (CEUNES), Universidade Federal do Espírito Santo. Professora Permanente do Programa de Pós graduação Mestrado Profissional em Ensino de Biologia (PROFBIO) da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES – CEUNES)

