

USO DE INFOGRÁFICOS COMO FERRAMENTA DIDÁTICA PARA O PROCESSO DE TRADUÇÃO GÊNICA NO ENSINO MÉDIO EM AULAS RELACIONADAS À BIOLOGIA MOLECULAR

Use of infographics as a teaching tool for the gene translation process in high school in classes related to molecular biology

Virgínia Teodoro da Silva [virthes@gmail.com]

Instituto de Biologia

Universidade de Brasília

Campus Universitário Darcy Ribeiro, qd-606 qd-607, Brasília, Distrito Federal, Brasil

João Paulo Cunha de Menezes [jpaulo_bio@hotmail.com]

Fundação Universidade de Brasília, FUB, Brasil.

Campus Universitário Darcy Ribeiro, qd-606 qd-607, Brasília, Distrito Federal, Brasil

Resumo

A Biologia Molecular apresenta temáticas de alto grau de abstração e complexidade para abordagem no Ensino Médio. Dentre estas, está a tradução, que escapa à percepção sensorial. Os estudantes precisam de suportes de representações visuais dinâmicos para auxiliarem na construção mental coerente de fenômenos a nível molecular. Para esse fim, os pesquisadores elaboraram os infográficos em suportes digitais e dinâmicos baseados nos princípios da Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia (TCAM) do processo de tradução, que foram aplicados a estudantes do 3º ano. Ainda, analisaram a potencialidade desses recursos na perspectiva dos estudantes. A pesquisa foi qualitativa com base em questionário e entrevista como instrumentos de coleta de dados. Os resultados mostraram que os infográficos contribuíram significativamente para a compreensão e diminuição da abstração do tema e foram esteticamente atrativos, dinâmicos e concisos na transmissão do conteúdo. Concluímos, portanto, que a aplicabilidade dos infográficos é uma proposta interessante e promissora que vislumbra ferramentas de multimídia no contexto do Ensino Médio, levando em consideração os aspectos cognitivos dos estudantes ao utilizarem os princípios da TCAM.

Palavras-chave: Infográficos; Ensino de tradução; Síntese de proteínas; Biologia molecular; Ensino e aprendizagem.

Abstract

Molecular Biology presents themes with a high degree of abstraction and complexity to approach in high school. Among these is the translation, which escapes sensory perception. Students need support for dynamic visual representation resources to assist in the coherent mental construction of phenomena at the molecular level. To that end, a digital and dynamic infographics based on principles of Cognitive Theory of Multimedia Learning (CTML) of the translation process, which were applied to students from 3rd year. Still, the potential of these resources was analyzed from the students' perspective. The research was qualitative based on a questionnaire and an interview as instruments of data collection. The results showed that the infographics contributed significantly to the understanding and reduction of the abstraction of the theme and were aesthetically attractive, dynamic and concise in the transmission of the content. It is concluded, therefore, that the applicability of infographics is an interesting and promising proposal that envisions multimedia tools in the context of high school, taking into account the students' cognitive aspects when using the CTML principles.

Keywords: Infographics; Translation teaching; Protein synthesis; Molecular biology; Teaching and learning.

INTRODUÇÃO

A Biologia Molecular é um ramo das ciências que surge da interseção dos ramos da Genética, da Bioquímica e da Biologia Celular, a qual estuda os seres vivos do ponto de vista molecular no aspecto da base da hereditariedade, os ácidos nucleicos e seus mecanismos de duplicação, transcrição e tradução gênica (Vitória, Souza, & Andrade, 2018). Torna-se uma área de expansão emergente, produzindo conhecimentos com implicações sociais, popularizados, em sua grande maioria, pela mídia. Esta, por sua vez, pode colocar o cidadão em controvérsias, discussões e tomadas de decisões importantes, geradas por transformações científicas e tecnológicas com implicações econômicas, sociais e éticas (Tibell & Rundgren, 2010; Oliveira & Ferreira, 2018).

No que tange ao ensino da Biologia Molecular no Ensino Médio, a Base Nacional Comum Curricular (2018) enfatiza, em suas Competências Específicas de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, que conhecer aspectos relacionados aos seres vivos e seu funcionamento é fundamental, afirmando que:

“explorar como os avanços científicos e tecnológicos estão relacionados às aplicações do conhecimento sobre DNA e células pode gerar debates e controvérsias – pois, muitas vezes, sua repercussão extrapola os limites da ciência, explicitando dilemas éticos para toda a sociedade” (MEC, 2018, p. 554).

Entende-se que a abordagem da Biologia Molecular no Ensino Médio é essencial para que o estudante compreenda as novas tecnologias propiciadas pelo desenvolvimento dessa área, situe-se e compreenda as discussões demandadas pela sociedade, com base em argumentos consistentes, legais, éticos e responsáveis, distinguindo diferentes pontos de vista. Além disso, essa abordagem exerce suporte para o entendimento de outras áreas das Ciências, por isso, é importante incentivar os estudantes a se inserirem nesse contexto, iniciando pela compreensão dos conceitos e teorias básicas (Vitória *et al.*, 2018).

Entretanto, os professores, no geral, apresentam dificuldades e inseguranças para ministrar temáticas da atualidade que envolvam a biologia molecular nas aulas (Schallenberger & Soares, 2020). Tais deficiências são oriundas da falta de preparo dos docentes na formação inicial e continuada e, acrescidas por deficiências nas práticas pedagógicas, a escassez de recursos didáticos diversos e a intensa carga horária do professor, entre outros (Freitas, Maciel-Cabral, & Silva, 2020).

Por outro lado, os estudantes relacionam os conteúdos da Biologia Molecular como extremamente complexos, pois exigem um aporte teórico de outras áreas do conhecimento, um grau de abstração que vai além daquele que, muitas vezes, o aprendiz está acostumado para identificar elementos que não possuem uma representatividade em seu universo próximo. Essa abstração se deve ao fato de que essa área trabalha com fenômenos celulares, a nível molecular, imperceptíveis ao sistema sensorial (Gregório, 2016; Freitas *et al.*, 2020). Por esses motivos, para Lazzaroni e Teixeira (2017) e Silva e Menezes (2020), tais temas são relacionados como difíceis para o processo de ensino e aprendizagem.

Percebe-se, assim, muitas dificuldades no cumprimento dos objetivos de aprendizagem, na assimilação dos conceitos dos processos gênicos; na interligação desses com outras áreas; na resolução de problemas e na tomada de decisões que envolvam essa temática na sociedade (Vilhena, Oliveira, Bastista, Drefs, & Rosa, 2016; Lazzaroni & Teixeira, 2017; Freitas *et al.*, 2020), como nos processos de duplicação, transcrição e tradução gênica. Ao tratar-se dos processos a nível molecular, somente a explicação oral isolada pode ser insuficiente para resultar em aprendizagem (Silva & Menezes 2020).

Na prática cotidiana em sala de aula, na percepção Silva e Menezes (2020), muitos estudantes do ensino médio têm dificuldade em compreender o tema de tradução, por ser processo a nível molecular, que escapa à percepção sensorial dos estudantes e com conceitos teóricos de difícil compreensão para eles (Fontes, Chapani, & Souza, 2013; Rocha, Vasconcelos, Maia, Gallão, Rodrigues, & Hissa, 2017), tornando-se fundamental o auxílio de representações pictóricas (imagens reais ou imaginárias), ferramentas de visualização e modelo para contornar os obstáculos e complicações do ensino e aprendizagem. É importante esclarecer que o termo representação, aqui admitido, será o mesmo adotado pelos autores Perin, Chromiec e Beccari (2019), os quais estabelecem que a representação pode se referir a símbolos gráficos visíveis sobre uma superfície, analógica ou digital.

As representações com imagem e ilustrações podem ser usadas para tornar perceptível o invisível, mas, para Burgin, Oramous, Kaminski, Stocker, & Moradi (2018), também ajudam na formação mental dos estudantes, momento em que eles conseguiriam “perceber”, principalmente, os fenômenos complexos e de nível microscópico e as partículas envolvidas (Papageorgiou, Amariotakis, & Spiliotopoulou, 2017), produzindo, assim, efeito sobre a aprendizagem dos processos moleculares (Lundquist, Herndon, Harty, &

Gumbart, 2016). Seguindo esse entendimento, auxiliam os estudantes a obterem uma construção de modelos mentais que contribuam para um melhor entendimento dos fenômenos (Papageorgiou, Amariotakis, & Spiliotopoulou, 2019), na intenção de obter uma aprendizagem persistente de temas abstratos.

Dentre as representações, destaca-se o uso de infográficos como ferramentas multimodais (texto e imagens) que fazem uso de um forte apelo visual (Lapoli, 2016), além de serem fontes atrativas e dinâmicas que transmitem informações de maneira clara e concisa, por conseguinte, favorecem o processo de ensino e aprendizagem (Cortes, Maciel, Nunes, & Souza, 2014; Lapoli, 2016; Yildirim, 2016). Tais recursos aparecerem como promissores na educação formal e podem ser usados para diferentes fins educacionais (Yildirim, 2016), com o objetivo de expandir as barreiras do aprendizado (Bezerra & Serafim, 2016). Conseqüentemente, considera-se que as infografias são importantes ferramentas a favor da prática docente, desde que sejam elaboradas e utilizadas de maneira adequada e que envolvam um bom planejamento com objetivos previamente refletidos/discutidos.

Os estudos de Mayer (2009) têm demonstrado que os estudantes retêm melhor as informações transmitidas por materiais de multimídia que associam elementos verbal e visual, como, por exemplo, os infográficos. Porém, segundo o referido autor, a simples inserção de imagens e palavras ao material instrucional não garante a aprendizagem, uma vez que existem princípios que devem ser utilizados para garantir a aprendizagem efetiva. Sendo assim, as etapas de planejamentos e diagramação de um infográfico educacional devem levar em consideração os princípios da Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia (TCAM), com intuito de uma abordagem eficiente, ao conduzirem o aprendiz em um processo cognitivo adequado, favorecendo as informações relevantes e reduzindo o esforço despendido pelos aprendizes para compreensão das informações dessa ferramenta didática.

A Biologia Molecular e, conseqüentemente, o tema de tradução necessitam de ferramentas que apoiem o ensino, como o estabelecido na literatura acima. Considerando que os infográficos podem ser recursos de aprendizagem, optou-se por imbricar este trabalho a essa ferramenta. Mas os infográficos podem ser usados para apoiar a aprendizagem do tema de tradução? Eles podem tornar as etapas desse processo mais perceptíveis aos estudantes? Dessa forma, para analisar essas questões, os pesquisadores elaboraram infográficos dinâmicos em formatos digitais, fundamentados a partir de alguns princípios propostos na TCAM de Mayer (2009) e analisaram a aplicabilidade do uso dessas ferramentas como material didático para apoiar processos de ensino e aprendizagem no mecanismo de tradução da “síntese de proteína” para estudantes do Ensino Médio.

INFOGRÁFICOS

A comunicação visual vem sendo amplamente usada, uma vez que as pessoas lidam com um fluxo de informações elevado, portanto, a organização e a visualização de dados são fundamentais na apreensão de conteúdos. No ambiente educacional não seria diferente, porque a visualização de conceitos e conhecimentos, usando diversas ferramentas visuais, métodos, técnicas e estratégias tecnológicas, é utilizada com o intuito de tornar os temas mais acessíveis, compreensíveis e claros para os estudantes, (Yarbrough, 2019), para melhora do desenvolvimento da aprendizagem.

Quando os professores apoiam o ensino com o uso de ferramentas visuais, eles podem alcançar mais estudantes, pois as ferramentas visuais melhoram o processamento cognitivo (Baglama, Yucesoy, & Özcan, 2017) e 65% dos indivíduos têm preferência por aprendizagem visual. Por esses motivos, as ferramentas visuais são muito importantes no ensino (Gutierrez, 2014) e os infográficos são ferramentas disponíveis para apoiar a aprendizagem. De acordo com Yildirim, (2016), eles estão cada vez mais difundidos tanto em atividades publicitárias e meios de comunicação quanto em ambientes educacionais, em razão das tecnologias digitais.

Segundo, Miranda e Andrade (2017) e Perin *et al.* (2019), o infográfico deve ser compreendido sobre a perspectiva da linguagem visual gráfica, a qual usa elementos/ símbolos gráficos sobre uma superfície para compor uma representação visual de uma informação ou um dado. A linguagem visual gráfica, por sua vez, pode ser classificada em verbal, pictórica e esquemática, sendo a primeira composta por tipografia, texto e números; a segunda envolve as imagens reais ou imaginárias; e, por fim, o modo esquemático, que representa visualmente conceitos abstratos, como movimento e linhas de separação (Miranda & Andrade 2017).

Sob a fundamentação da linguagem visual, Carvalho e Aragão (2012) entendem por infográfico uma peça gráfica que tem por objetivo transmitir informações quantitativas, narrativas/cronológicas e outras,

constituído por elementos visual gráfico; Lapolli (2016) subscreve-o como um recurso comunicativo caracterizado pelo o binômio de textos e imagens (imaginárias e/ou realistas), com predomínio destas últimas, para apresentar conteúdos informativos, sendo uma ferramenta de representação visual de dados. Em linhas gerais, infográfico é uma peça gráfica que utiliza da linguagem visual gráfica de forma sistemática, com grande apelo visual, na visualização de dados que visam facilitar a aprendizagem de um conjunto de informações, transmitindo-as de forma rápida e efetiva. Rajamanickam (2005) classifica os infográficos quanto ao modo de comunicação em:

- estático: apresenta a totalidade das informações, podendo ser encontrado em meio analógico ou digital, mais comum em impressos.

- dinâmico: apresenta a informação de forma progressiva, em sequência linear por meio de animação ou vídeo;

- interativo: a informação é apresentada, baseada nas escolhas do leitor, de forma seletiva, aplicado em suportes digitais.

Corroborando essa compreensão que vai além da definição técnica, mas sobre as características e objetivos dos infográficos, é possível afirmar que representam ferramentas para que os leitores possam conceituar e compreender aspectos de forma concisa, clara e atraente, com um fluxo de informações organizadas em uma sequência lógica (Islamoglu, *et al.*, 2015; Lapolli, 2016; Bezerra & Serafim, 2016) e atuar como recurso harmônico de comunicação, que permite ao leitor decodificar a informação (Menezes & Queiroz). Lamb e Johnson (2014) afirmam que o infográfico, para ser eficiente, deve seguir os propósitos de: (a) organizar ideias de uma maneira útil; (b) mostrar relações complexas de uma forma visual; (c) comparar as informações de forma eficaz; (d) tornar os dados significativos com analogias, exemplos e temas para transformar dados em informações; e (e) transmitir as ideias com imagens e palavras de uma forma empolgante, em vez de usar apenas palavras.

INFOGRÁFICOS COMO FERRAMENTA DE APRENDIZAGEM

O infográfico, pelo seu apelo visual, a combinação de elementos gráficos e explicação textual curta e objetiva, além de ilustrar dados e informações, torna-se atraente, pois tem a capacidade de focar a atenção do leitor, e, portanto, pode ser usado como material de aprendizagem com potencial para a aquisição de conhecimento (Lyra *et al.*, 2016). Assim, os infográficos tornam-se ferramentas de aprendizagem cognitivas promissoras e que podem ser usadas em diferentes ambientes educacionais para subsidiar a aprendizagem (Dur, 2014; Cortes *et al.*, 2014; Islamoglu, *et al.*, 2015). Por isso, são capazes de apoiar a aprendizagem (Lyra *et al.*, 2016) nas mais variadas áreas de ensino, principalmente nas que apresentam assuntos complexos, por mostrar a relação entre diferentes conceitos, transferir processos e eventos, apresentar o conteúdo e resumir os assuntos aprendidos (Yildirim, 2016). Genericamente, como ferramenta de aprendizagem, os infográficos são recursos hábeis para explicar conteúdos mais complexos e específicos, oferecendo dinamicidade, linguagem clara e objetiva, com conteúdo sintetizado.

Alguns benefícios de aprendizagem associados aos infográficos nas concepções de Islamoglu *et al.* (2015) incluem: compreensão aprimorada do tema, ideias e conceitos; maior capacidade de pensar criticamente e desenvolver ideias organizadas; e melhor retenção e recuperação de informações armazenadas na memória. Os mesmos pesquisadores ainda relatam que o modelo de visualização das informações, gerado pelos infográficos, permite que professores desenvolvam diversidade de atividades no ensino, envolvam os estudantes mais profundamente com o tema, aumentando a interação e fornecendo novas oportunidades de aprendizagem.

Nos infográficos, para fins educacionais, as informações devem ser apoiadas nos processos de aprendizagens, ou seja, de acordo com o contexto que o estudante aprende, resultando, assim, em um efeito instrucional do recurso visual útil ao apoio e ao desenvolvimento da aprendizagem dos estudantes, além de usarem os princípios de design visual para se tornarem atraentes (Yildirim, 2016). De acordo com Davis e Quinn (2013), os pontos que devem ser considerados na criação de infográficos instrucionais são: (a) delimitar os objetivos de aprendizagens; (b) decidir sobre os componentes que podem ser usados nos infográficos; (c) determinação do tipo de infográfico a ser criado; (d) organizar na diagramação as informações de uma forma que permita a compreensão do assunto pelos estudantes. Dessa forma, os infográficos podem permitir que os estudantes compreendam as informações de forma organizada, atraente e formem as suas representações mentais, tão necessárias à aprendizagem.

A eficiência dos infográficos pode ser amplificada a partir de alguns princípios instrucionais da TCAM de Mayer (2009). A TCAM foi desenvolvida com resultados de estudos sobre como as pessoas aprendem melhor, como ocorre os mecanismos de recepção e processamento das informações, das representações verbal e visual pictórica (não verbal) expostas conjuntamente. De acordo com TCAM, a qual se apoia na área da psicologia cognitiva, os estímulos visuais e verbais são capturados em canais duplos (visuais e auditivos), que têm capacidades limitadas de processamento de informações simultâneas. A aprendizagem requer um processamento ativo em ambos os canais, pois envolve três memórias (sensorial, memória de trabalho e de longo prazo) para captar informações e processamento da mensagem.

Os processamentos utilizados pelo aprendiz para chegar a essa representação mental e suas implicações no processo de construção do conhecimento são as proposições do estudo da TCAM. Ainda de acordo Mayer (2009), os recursos de multimídia, aqueles que envolvem palavra e imagens, devem ser elaborados e ancorados como a mente humana recebe, processa e armazena as informações. Portanto, a aprendizagem significativa ocorre apenas quando os processos cognitivos apropriados para selecionar palavras e imagens relevantes, organizá-las em modelo verbal e pictórico e integrar informações com conhecimento prévio são realizados.

Como seria o processamento cognitivo do infográfico segundo TCAM? Baseado na premissa da TCAM, as informações são recebidas pela memória sensorial no canal visual; em seguida, há a seleção das palavras e das imagens relevantes que compõem o infográfico; na sequência, na memória de trabalho, há uma organização das imagens e palavras, essas se convertem em sons, compondo o modelo pictórico e verbal, e ocorre uma conexão entre essas representações. Por fim, há a integração do conhecimento processado com o conhecimento prévio, compondo a memória de longo prazo, conforme mostrado na Figura 1.

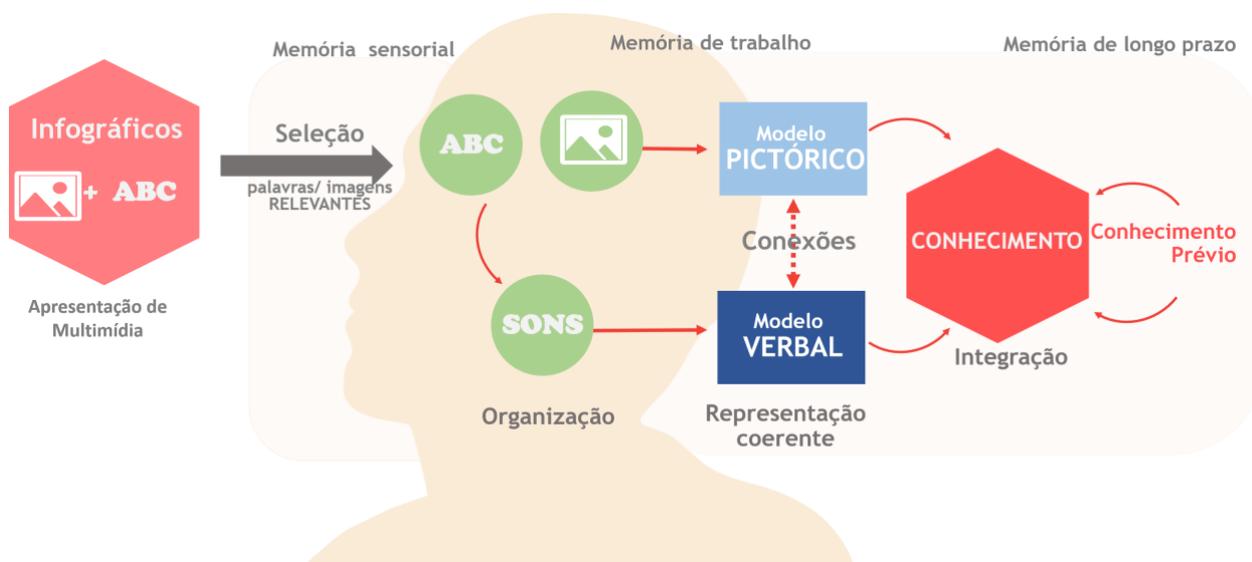


Figura 1 – Representa o processamento cognitivo dos elementos textuais e de imagens presentes em um infográfico, baseado no modelo cognitivo de processamento humano das informações de multimídia proposto pela Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia (TCAM) de Richard Mayer (2009).

A TCAM estabelece princípios norteadores para a elaboração de diversos recursos multimídias instrucionais que combinam elementos verbais e pictóricos para conduzir o aprendiz em um processo cognitivo adequado, facilitando a aprendizagem, evitando o esforço para a cognição, dificuldades de assimilação e/ou sobrecarga mental do aprendiz. Assim, para que um infográfico educacional seja eficaz, ele deve estar de acordo com TCAM. Nesta pesquisa, optou-se pela adoção de alguns desses princípios para a elaboração dos infográficos, a saber: coerência, redundância, sinalização, contiguidade espacial e contiguidade temporal, segmentação e multimídia, segundo Mayer (2009)

- **coerência:** a aprendizagem ocorre melhor quando são excluídas as informações irrelevantes ou incoerentes (palavras, imagens e sons), deixando na apresentação de multimídia somente o necessário, facilitando a aprendizagem. É importante ressaltar que as mensagens devem ser claras e coerentes;

- **sinalização:** a aprendizagem ocorre melhor quando sinais que ressaltam a organização do material são adicionados. Favorece a seleção de palavras e imagens relevantes e a organização mental do aprendiz;

- **Contiguidade Espacial:** com base nesse princípio, a aprendizagem é favorecida quando palavras e imagens relacionadas estão espacialmente próximas. A informação verbal e pictórica deverá estar próxima e não separada (na mesma tela ou na mesma página);

- **Contiguidade Temporal:** a aprendizagem acontece melhor quando palavras e imagens relacionadas são apresentadas simultaneamente em vez de sucessivamente. A apresentação da informação verbal e pictórica deverá ser sincronizada;

- **Segmentação:** a aprendizagem ocorre melhor quando as mensagens ou os recursos são exibidos em unidades sequenciais ao invés de uma unidade contínua, uma vez que as sequências auxiliam o indivíduo a definir um ritmo, pois cada aluno tem um tempo de processamento diferenciado;

- **Multimídia:** a aprendizagem é melhor com a associação de palavras e imagens do que por palavras sozinhas. A informação verbal e pictórica combinada produz melhores resultados.

Portanto, a simples adição de palavras e imagens aos infográficos não garante, por si, uma aprendizagem eficaz. Percebe-se, dessa forma, que a TCAM evoca uma série de princípios visando diminuir os problemas cognitivos que envolvem a relação entre imagens e palavras.

METODOLOGIA

A metodologia de pesquisa adotada para este trabalho foi uma abordagem qualitativa que, para as autoras Gerhardt e Silveira (2009), tem o intuito de elucidar a compreensão de um grupo social. A pesquisa teve como objetivo elaborar e aplicar infográficos digitais e dinâmicos baseados nos princípios da Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia (TCAM) do processo de tradução gênica “síntese de proteínas”.

O trabalho foi desenvolvido no município de Paracatu-MG e direcionado aos discentes do 3º ano da Escola Estadual Doutor Virgílio de Melo Franco, compondo um grupo de quarenta e um estudantes. A estruturação foi realizada em três etapas, sendo: (i) elaboração dos infográficos; (ii) apresentação dos infográficos aos discentes e (iii) aplicação dos infográficos em aula dialogada.

Aos participantes, foi garantido o anonimato e suas identidades preservadas, dessa forma, usou-se código para cada estudante, que corresponde a E1, E2, E3 até E41. O trabalho, com número de CAAE 14495319.6.0000.0030, foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Saúde da Universidade de Brasília (UnB).

Elaboração dos infográficos

Primeiramente, foram realizados um levantamento e a apuração do mecanismo de tradução e transcrição, com base nos livros de Biologia Molecular da Célula de Albert (2017) e nos Princípios de Bioquímica de Lehninger, de Nelson e Cox (2011). As informações foram selecionadas e usadas para compor os infográficos, bem como foi construída a sequência da disposição delas. A produção das ilustrações digitais, diagramação e acabamento dos infográficos foi elaborada no *software CorelDRAW® X5* no tipo vetor e a animação dos infográficos foi realizada no *software Microsoft Power point 365®*. A diagramação foi executada baseada nos princípios da TCAM, conforme o Quadro 1.

Obteve-se, assim, um esboço digital na área de trabalho do *software* e dois infográficos digitais, sendo um de fluxo gênico e outro de tradução gênica. Na revisão final, os infográficos sofreram ajustes de estética e conteúdo com base nos princípios da TCAM e, em seguida, foram convertidos do tipo vetor para *bitmaps* em formato de arquivo *Tagged Image File Format (TIFF)*, com o modelo de cor RGB 24. Os infográficos elaborados, são focados no processo de tradução, porém fez-se necessária a produção de um infográfico sobre fluxo gênico para introduzir o tema, apresentando, de forma sucinta, a tradução e transcrição. O infográfico de tradução gênica, por sua vez, representava a tradução de um polipeptídeo fictício que permanecia no citosol de uma célula eucarionte.

Quadro 1 – Aplicação dos Princípios Multimídias na diagramação dos infográficos. Fontes: os autores

Princípio	CrITÉrios para a diagramação
Coerência	selecionar as palavras relevantes; não colocar ilustrações decorativas para entretenimento do leitor; evitar a utilização de fontes que compitam pela atenção do aluno; não usar efeitos de animação na transmissão das telas digitais que desviem a atenção.
Sinalização	usar cores, elementos esquemáticos, tipografias, como exemplo deste último: 1) ênfase em frases chaves; (2) títulos em cada etapa com cores e tamanho de fontes diferentes das legendas; (3) números indicadores nas fases de tradução; (4) nomeações de elementos.
Contiguidade Espacial	apresentar, em cada tela digital, as legendas que descrevem o fenômeno ilustrado no mesmo quadrante, ou seja, espacialmente o mais próximo possível; integrar legenda e imagens.
Contiguidade Temporal	apresentar, simultaneamente, o fenômeno ilustrado em cada tela digital e a legenda.
Segmentação	usar infográficos dinâmicos, apresentando as etapas do tema do fluxo gênico e da tradução de forma progressiva em segmentos; dividir as informações em várias telas digitais.
Multimídia	usar informação verbal e pictóricas combinadas; não usar sobreposição de informações e/ou repetição.

Apresentação dos infográficos aos discentes

A apresentação dos infográficos aos discentes (em total de 41) foi feita em grupos de 10 a 11 alunos. Primeiramente, eles visualizaram individualmente os infográficos, usando os computadores da sala de informática da instituição. Subsequentemente, foi aplicado o questionário I para os estudantes, com questões que buscavam sondar as percepções dos estudantes com relação aos infográficos propostos.

Aplicação dos infográficos em aula dialogada

Ministrou-se uma aula dialogada sobre o tema de tradução gênica, utilizando os infográficos, com duração de 100 minutos (1h e 40 min), na qual participaram 33 estudantes. Em seguida, procedeu-se à aplicação do questionário II, com o objetivo de avaliar a compreensão dos estudantes sobre o tema após a aplicação da aula dialogada e buscar a compreensão da eficiência, os aspectos positivos e negativos dos infográficos na aprendizagem do tema. Após a finalização da aula dialogada, foram sorteados 13 estudantes para participarem da entrevista semiestruturada que objetivava captar as opiniões dos discentes em relação ao que compreenderam do conteúdo, ao uso do material, estimulando-os a expressarem opiniões.

Procedimentos de coleta de dados

A coleta de dados se deu por instrumentos de questionários e entrevistas semiestruturadas, com gravação de áudio dos estudantes envolvidos. Tiveram o objetivo de descrever, compreender e explicar as impressões dos participantes sobre a aplicação dos infográficos como material didático, para a compreensão de tradução no contexto escolar.

A aplicabilidade dos infográficos foi analisada nos seguintes eixos: (i) leitura, interpretação e aprendizagem; (ii) dúvidas e dificuldades; (iii) atratividade dos infográficos; (iv) aspectos positivos e negativos

dos elementos gráficos e (v) facilitador de aprendizagem. Esses eixos de análise foram estruturados em formas de questões discursivas (Quadro 2) nos instrumentos de coleta e analisados de forma qualitativa.

Quadro 1 – Estabelecesse as categorias de acordo com os critérios estabelecidos na análise de estudo das questões discursivas utilizadas nos instrumentos de coletas de dados.

Questão	Categorias/ Critérios	Instrumento de coleta de dados
O que é infográfico?	- algo informacional: respostas que explicam que os infográficos são ferramentas para transmitir informações vinculando elementos gráficos como imagens e textos; - não souberam: respostas que não explicam que os infográficos são ferramentas para transmitir informações vinculando elementos gráficos como imagens e textos.	Questionário
Quais os assuntos tratados nestes infográficos?	- correta: repostas que submetiam aos assuntos de tradução; - incorreta: respostas que não submetiam a tradução.	Questionário
Baseado nos infográficos que acabou de visualizar explique, com suas palavras, o processo que está acontecendo na célula.	- compreensão e interpretação adequadas: que explica o processo de tradução representados no infográfico, por meio das etapas de iniciação, alongamento e terminação; - compreensão e interpretação parcial das informações: não explica todos as etapas do processo de tradução representado no infográfico.; - incompreensão das informações: caracterizando erros na explica do processo de tradução.	Questionário Entrevista
Sobre a leitura e interpretação do infográfico. Por onde você iniciou a leitura?	- leitura verbal: respostas que relataram que os estudantes iniciaram pela leitura dos textos; - leitura não verbal: quando as respostas relataram que os estudantes iniciaram pelos elementos visuais, imagens e ilustrações; - não identificou: respostas em que os estudantes não identificam por onde iniciaram a leitura.	Questionário
O que mais chamou a sua atenção nos infográficos? Descreva os pontos utilizados durante a leitura e interpretação.	- estética: quando se relacionam aos elementos da linguagem visual pictóricos, sendo contrastes, dimensões, ilustrações, cores e textura; - organização dos elementos gráficos: quando se relacionou à distribuição espacial dos elementos gráficos; - legibilidade e leturabilidade: quando se referiam à clareza na percepção das informações e fácil reconhecimento da porção textual e ícones; - dinamicidade: quando se referiam à modalidade de apresentação; - mais de uma categoria: quando se relacionou com mais de um categoria.	Questionário Entrevista
Você teve alguma dúvida ou dificuldade em entender algum elemento dos infográficos? (texto ou imagem) Explique a sua dúvida.	- sem dúvidas ou dificuldades; -Sim, elementos dos infográficos: quando as respostas relacionam as imagens e a redação; -Sim, dificuldades em entender as etapas do processo; -Sim, dificuldades em biologia - dificuldade na terminologia usada na Biologia; -Sim, pela a falta de conhecimento prévio; -Sim, sem detalhar os elementos de dificuldade ou dúvidas: quando a resposta não especifica a dificuldade.	Questionário Entrevista
O que você achou de negativo nos infográficos?	-ausência de pontos negativos – não apresenta nem elementos gráficos com fator complicador no infográfico; -falta de um texto auxiliar: quanto se relaciona falta de um texto de subsídio antes da apresentação dos infográficos; - organização dos elementos gráficos - quando se relacionou à distribuição espacial dos elementos gráficos; -outros: não relacionou nem um das categorias relacionadas acima.	Questionário Entrevista
O que você achou de positivo nos infográficos?	- estética: quando se relacionam aos elementos da linguagem visual, sendo contrastes, dimensões, ilustrações, cores e textura; - organização dos elementos gráficos - quando se relacionou à distribuição espacial dos elementos gráficos; -legibilidade e leturabilidade - quando se referiam à clareza na percepção das informações e fácil reconhecimento da porção textual e ícones; - dinamicidade: quando se referiam à modalidade de apresentação; -mais de uma categoria: quando se relacionou com mais de um categoria.	Questionário Entrevista
Imagine, que um colega seu, tenha dificuldade de entender este tema de tradução, você indicaria os infográficos elaborados nesta pesquisa?	- sim indicaria. - um texto auxiliar	Entrevista
Você gostaria que seus professores utilizassem materiais semelhantes aos infográficos na sala de aula? Por quê?	- sim	Questionário
Você teria sugestões de melhoria para os infográficos?	- não;	Entrevista

Análise dos dados

O método de análise de conteúdo foi fundamentado em Bardin (2011), que seguiu as seguintes fases: pré-análises ou leituras flutuantes; exploração do material e categorização; e tratamento, interferências e interpretação dos resultados. Na primeira fase, a pré-análise, realizou-se a leitura flutuante, que implicou em conhecer inicialmente os instrumentos respondidos e criar familiaridade com eles, além de uma organização do material que foi investigado.

Na exploração do material, foi feita a codificação através do recorte semântico por meio de palavras-chave, expressões e análise temática, estabelecendo-se a contagem. Ainda, foi realizada a categorização, que consistiu na classificação e agregação dos elementos constituídos por reagrupamento segundo o gênero e analogia, estabelecendo categorias de acordo com os critérios preconizados na análise de estudo encontrada na Quadro 2. Em síntese, foi a organização em características comuns. Por fim, o tratamento, interferências e interpretação dos dados.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Leitura e interpretação dos infográficos e aprendizagem

Ao serem questionados sobre o que é infográfico, 34 dos estudantes mencionaram que o infográfico pode ser considerado um instrumento informativo. Os demais participantes responderam que não sabiam. Isso não significa que seja um recurso desassociado ao cotidiano deles, pois as infografias estão presentes em mídias digitais e impressas em diversos suportes textuais, como os livros didáticos, jornais e revistas (Bulegon, Drescher & Santos, 2017).

Sobre o assunto tratado nas infografias, que estavam sendo indicados nos títulos, as respostas dos estudantes foram categorizadas da seguinte forma: adequada (37) e inadequada (4). A categoria adequada é compreendida em:

E 17 “No infográfico 1 – o assunto tratado é sobre as etapas do fluxo gênico. No infográfico 2 – o assunto tratado é sobre a fase de tradução, em que a interação do RNA pode resultar na proteína.”

Na categoria inadequada, tem-se como exemplo o relato do estudante E.10 “Como funciona a célula (ocorre dentro da célula)”, ou seja, foram citadas, de forma generalizada, as vias metabólicas sem especificarem a tradução e transcrição gênica. Ao ler os infográficos, os leitores revisam o título para se inteirar do assunto, então o infográfico de síntese de proteína deve encontrar um título que reflita as informações oferecidas pelos infográficos. Constatou-se, assim, que a sinalização verbal com ênfases tipográficas nos títulos e nos subtítulos nas etapas da tradução gênica, usando o negrito, cor distinta das legendas e números indicatórios, além da nomeação de todos os elementos envolvidos (Figura 2), contribuíram para a legibilidade e a leiturabilidade do tema.

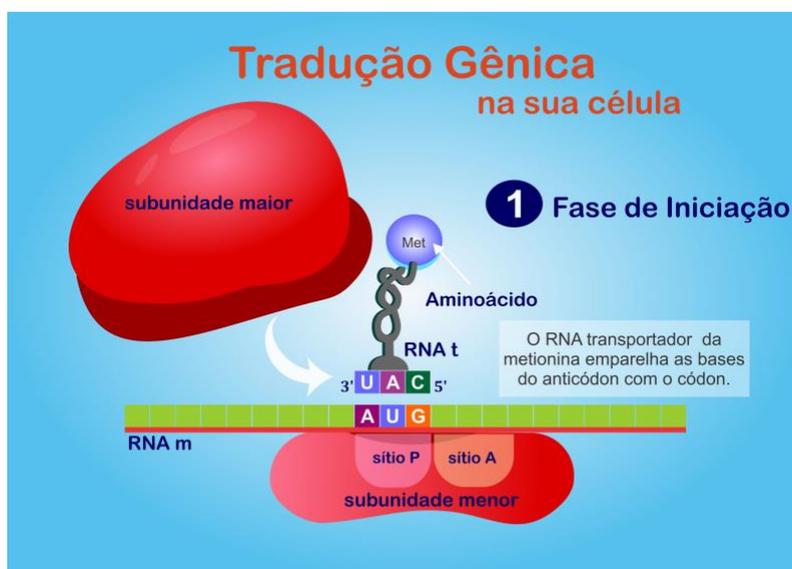


Figura 2 – Tela digital que compõe o infográfico de tradução que possui sinais tipográficos. A sinalização verbal na imagem envolveu ênfase tipográfica nas palavras-chave, como no título (uso de negrito

e cor distinta dos demais textos) e nas fases tradução, além do uso de números indicatórios. Observa-se, também, que todos os elementos pictóricos estão sinalizados com nomes. Infográficos completos disponíveis no link <https://drive.google.com/drive/folders/1PfbvLvmQUDDZIKQCxG8be5nu40aPR955?usp=sharing>.

Ao analisar as respostas com as explicações dos 41 estudantes sobre os processos bioquímicos representados nas infografias, quando tiveram o primeiro contato com o material, obteve-se as seguintes categorias: compreensão e interpretação adequada dos infográficos (20), em que as respostas apresentam as explicações das etapas do processo de tradução; compreensão e interpretação parcial dos infográficos (20), em que as explicações dos participantes necessitavam de um maior detalhamento das etapas de tradução; finalmente, incompreensão dos infográficos (1).

Após a aula dialogada com os infográficos, os 33 estudantes dessa etapa foram solicitados a explicar os processos bioquímicos novamente. Analisando suas respostas, constatou-se que 26 dos estudantes tiveram compreensão adequada e 7 compreensão parcial. Ocorreu um aumento considerável de 30% do rendimento dos estudantes nas respostas consideradas adequadas em relação àquelas dadas quando eles interagiram individualmente com as infografias.

Dessa forma, o uso dos infográficos em aulas dialogadas contribuiu de forma mais significativa para a integração e retenção dos conceitos e fenômenos da síntese de proteína em comparação ao seu uso individual. As evidências não são oriundas de comparação entre recursos, mas o aumento de retenção de conhecimento com o uso de infográficos foi demonstrado estaticamente por Lyra e Isotani (2017), em que o grupo que utilizou infográficos em relação a texto teve a menor taxa de perda de conhecimentos. Esse pode ser um indício de que as infografias foram adequadas para o tema.

Portanto, os infográficos apresentados trouxeram benefícios e praticidades durante o ensino em sala de aula, mostrando que são recursos didáticos potencializados das atividades de ensino e facilitam a aprendizagem, robustecendo dados encontrados por Calegari e Perfeito (2013), que utilizaram infográficos jornalísticos de forma interdisciplinar, com língua portuguesa e química em uma turma de 1º ano do ensino médio; e das pesquisadoras Bulegon *et al.* (2017), que desenvolveram atividades com o uso de infográficos para alunos de 9º ano nas aulas de física e química (ciências), constataram que uso dessa ferramenta é importante para integrar conceitos científicos, além de auxiliarem para a incorporação das tecnologias digitais na educação básica.

Acreditamos que as visualizações nos infográficos aumentam a durabilidade do aprendizado e impactam positivamente, uma vez que tiveram índice elevado de compreensão dos estudantes nos processos apresentados nas infografias. Yildirim (2016) afirma a comunicação visual facilitada, a análise e a percepção da mensagem, permitindo que os leitores lembrem-se da informação transferida. Além disso, favorece a adição de novas informações na memória, interagindo com o conhecimento já armazenado. Isso pode ser devido ao fato de os infográficos usarem simultaneamente canais audiovisuais durante a aprendizagem.

Foi observado que os estudantes (31) iniciaram a leitura das infografias digitais pela leitura não verbal, seguida pela leitura verbal (7) e, dentre estes, 4 iniciaram pelo título. Por último, em 3 alunos não foi possível identificar como iniciaram. Yildirim, (2016) também constata que ao ler os infográficos os estudantes iniciam pelas imagens, título e depois texto. Os leitores examinam primeiro as imagens, sendo uma evidência de que os elementos pictóricos dos infográficos forneceram um entendimento rápido das informações do processo de tradução à primeira vista. Outra interpretação possível está ligada à preferência por recurso com grande apelo visual. No comentário do estudante E.24: *“Comecei pelas imagens pois são mais chamativas e interativas, facilitando a compreensão do processo depois os textos”*, constatou-se que as ilustrações dos infográficos, além de atrativas, facilitaram a compreensão do conteúdo, tornando as informações mais organizadas e dispostas em um modo atrativo.

A representação de informações através de imagens pode ser um instrumento aliado ao docente, com o intuito de entusiasmar e chamar a atenção do educando e promover melhorias na qualidade do processo de ensino e aprendizagem (Badzinsk & Hermel, 2015). A comunicação visual tem força apelativa e deve ser explorada e utilizada nos materiais instrucionais (Souza & Barrio, 2017).

Dificuldades e dúvidas nos infográficos

Pelas informações levantadas, quanto aos fatores de dúvidas e/ou dificuldades dos estudantes na leitura e interpretação em das infografias, 19 dos questionados e 8 dos entrevistados não tiveram dúvidas e/ou dificuldades. Já as dúvidas se somaram em 22 no primeiro instrumento de coleta de dados e 5 no segundo instrumento. A maioria das dificuldades são oriundas da temática dos infográficos, como observam-se nos dados da Tabela 1.

TABELA 1: *Dúvidas e dificuldades dos estudantes nos infográficos.* Fonte: Os autores. N°.: número de participantes.

Categorias	Questionário	Entrevista
	N°	N°
Sim, dificuldades nos termos da Biologia	7	3
Sim, dificuldades em entender as etapas do processo	6	0
Sim, dúvidas nos elementos gráficos (imagens/texto)	4	0
Sim, sem detalhar os elementos dificultastes ou dúvidas	3	0
Sim, pela a falta de conhecimento prévio	2	2
Total	22	5

Dentre as dificuldades que mais foram apontadas pelos estudantes, estavam os termos utilizados no ensino de Biologia, legitimado por Duré, Andrade & Abílio (2018), ao afirmarem que o processos de ensino e aprendizagem de Biologia, em especial a Biologia Molecular, são desafiadores porque apresentam uma terminologia científica própria e exigem a utilização de termos incomuns da linguagem cotidiana, com pronúncias e ortografias difíceis, além de lidar com os processos biológicos que são complexos, como pode ser observado:

E. 1: “Só por causa dos nomes, dificuldade de entender os infográficos não. A gente já tinha estudado, mais não tinha decorado os nomes dos elementos e tem alguns termos da Biologia que eu não conheço.”

Na apresentação dos infográficos aos discentes não foi realizado uma contextualização do tema e nem um treinamento prévio de termos-chaves, ao contrário do que foi realizado na aula dialogada usando os infográficos. Porém, as dificuldades com os termos utilizados na biologia permanecem sendo as mais citadas nas duas etapas, mas, em contrapartida, muitas dificuldades em relação ao tema não foram mais apontadas após a aula dialogada, indicando que foram sanadas pelos processos de contextualização do tema e associações e analogias dos termos. Ademais, cabe ressaltar que os conceitos e termos passam a ter mais relevância para o estudante quando ele consegue ligar os exemplos competentes para elaborar associações e analogias, contextualizando o conteúdo com suas experiências pessoais (Krasilchik, 2004).

As dificuldades com os termos poderiam ter sido menores se tivesse acontecido um treinamento de termos-chaves, antes do primeiro contato dos estudantes com os infográficos, uma vez que, Mayer (2009) certifica que, se o aprendiz não conhece os termos usados na apresentação de multimídia, ele terá menos capacidade disponível para entender o assunto principal, ficando sobrecarregado no processamento essencial, estabelecendo, então, o pré-treinamento de termos-chaves e de características dos elementos principais antes da visualizarem a apresentação de multimídia, principalmente para temas complexos ou com falta de conhecimento prévio.

As etapas do processo de tradução também foram retratadas como um fator de dificuldade na interpretação dos infográficos, conforme pode ser observado no relato:

E.27. “Sim, no segundo infográfico, porque são muitos detalhes na tradução”

O índice de dificuldades em compreender as etapas do processo de tradução gênica confirma o que é argumentado pela literatura: que o tema abrange vários conceitos complexos e com elevada dificuldade de aprendizado para os estudantes de ensino médio (Fontes, *et al.*, 2013; Lazzaroni & Teixeira 2017; Silva & Menezes 2020).

Ainda foi verificado que o conhecimento prévio acerca do conteúdo por parte dos estudantes foi um dos fatores complicadores na compreensão e interpretação:

E.14: “Na aula anterior no laboratório eu tive, mas é porque eu não conhecia o conteúdo, então eu fiquei um pouco perdida, mas junto a explicação e as imagens foi possível interpretar.”

Na narrativa do E.14: “...junto a explicação e as imagens foi possível interpretar”, constata-se que a apresentação do conteúdo nas infografias foi primordial para promover a compreensão e aprendizagem do tema, uma vez que o estudante afirma não ter conhecimento prévio, sendo um fator de dificuldade. O princípio de multimídia proposto por Mayer (2009) enuncia que as pessoas aprendem mais com o uso de imagens e palavras, uma vez que têm a oportunidade de construir modelos mentais verbais e visuais e de estabelecer conexões entre eles, envolvendo-se no processamento generativo essencial, auxiliando a manter

representações verbais e pictóricas correspondentes na memória de trabalho e, por consequência, na memória de longo prazo.

Entretanto, alguns estudantes relataram dificuldades na interpretação das imagens e na redação do processo, dificuldades estas que seriam relacionadas aos elementos gráficos usados na diagramação dos infográficos, mas, ao se analisar as justificativas, percebeu-se que esses fatores apresentados são subsidiados pela falta de conhecimento prévio e não oriundos dos elementos gráficos propriamente usados nas peças, como pode ser observado no seguinte relato:

E.14: “Sim. Algumas palavras mais, o motivo é porque eu não conheço o conteúdo apresentado, mas obviamente para pessoas que estão estudando o conteúdo vão entender melhor, mesmo assim consegui entender.”

No processo de ensino e aprendizagem, os estudantes apresentam conhecimentos prévios adquiridos em sua experiência de vida. Assim, o docente tem o desafio de lidar com os conteúdos da Biologia, sem negligenciar as experiências dos estudantes (Duré, *et al.*, 2018). Mayer (2009) constata em suas pesquisas que, quando os aprendizes possuem um conhecimento prévio apropriado, há uma tendência em evitar problemas de sobrecarga essencial, diminuindo o gasto de seus recursos cognitivos no processamento essencial e generativo.

Assim, as dificuldades relacionadas pelos estudantes não são oriundas dos infográficos, mas do processo de ensino e aprendizagem da Biologia no geral, visto que somente 4 estudantes tiveram dificuldades nos elementos gráficos. Não houve evidências de que os infográficos diminuam as dificuldades sobre a síntese de proteínas, mais um indício positivo entre o uso dos infográficos e a aprendizagem do tema. Por mais que eles apresentaram fatores complicadores, como, por exemplo, nos vocabulários e nas etapas do processo, os resultados apresentam 97,6% dos estudantes com compreensão adequada ou parcial dos temas trabalhados, logo auxiliaram na formação mental dos estudantes. Nascimento, Silva, Fernandes, Dantas, & Sobreira, *et al.* (2015) afirmam que as metodologias empregadas e o fazer didático-pedagógico dos profissionais podem ser uma forma de superar as dificuldades encontradas.

Atratividade dos infográficos e aspectos positivos e negativos dos elementos gráficos

A Tabela 2 refere-se ao levantamento dos questionários e das entrevistas sobre o que chamou a atenção dos estudantes ao interagirem com material.

TABELA 2: *Atratividade dos infográficos. Fonte: Os autores N°.: número de participantes.*

Categorias	Questionário	Entrevista
	N°	N°
Estética/ aparência/ elementos de linguagem visual pictóricos	20	3
Organização dos elementos gráficos	9	0
Mais de uma categoria	6	9
Legibilidade e Leitibilidade - clareza na percepção das informações textual	5	0
Dinamicidade	1	1
Total	41	13

Os estudantes expuseram suas opiniões sobre os pontos positivos dos infográficos, como pode ser visto na Tabela 3.

A categoria estética, aparência ou os elementos de linguagem visual foi a mais mencionada como atratividade das infografias e, também com ponto positivo, os estudantes citaram mais de uma categoria, como demonstrado em:

E.6: “O ponto positivo foram as imagens bem atraentes, pois elas explicavam direitinho, o modo do processo. Isso faz entender melhor a explicação com as imagens associadas.”

A atratividade dos elementos visuais, como mencionou o estudante referido acima, foi um eixo que teve prioridade na elaboração das infografias utilizadas, buscando promover aspectos estéticos que chamassem a atenção da percepção dos estudantes, privilegiando conceitos como criatividade e *design*, porém equilibrando com os eixos de compreensão e retenção, sem perder de vista a funcionalidade dos

infográficos na aprendizagem do tema de tradução, formando uma narrativa coesa entre os elementos visuais e verbais.

TABELA 3: Opinião dos estudantes sobre os pontos positivos dos infográficos. Fonte: Os autores N°.: número de participantes.

Categorias	Questionário
	N°
Estética/ aparência/ elementos de linguagem visual pictóricos	14
Legibilidade e Leiturabilidade – clareza na percepção das informações textuais	10
Organização dos elementos gráficos	7
Dinamicidade	3
Mais de uma categoria	3
Achou positivo, mais não identificou o elemento	3
Total	41

Ao criar o infográfico para temas a nível molecular, como a síntese de proteínas, faz-se preciso analisar cuidadosamente o tema e, com isso, escolher cores, ilustrações, contrastes que atraem e fixam o olhar do aluno no que ressaltam os conceitos e elementos essenciais do fenômeno (Figura 3). Para obter esse impacto visual, usamos o princípio de sinalização de cores nas bases nitrogenadas, nos aminoácidos e contrastes entre o ribossomo e nas moléculas de RNA e nas ligações peptídicas. A atratividade deve ser utilizada para guiar e focar a atenção do leitor para aumenta a aquisição de conhecimento e não deve conter imagens decorativas podem desviar a atenção do estudante.

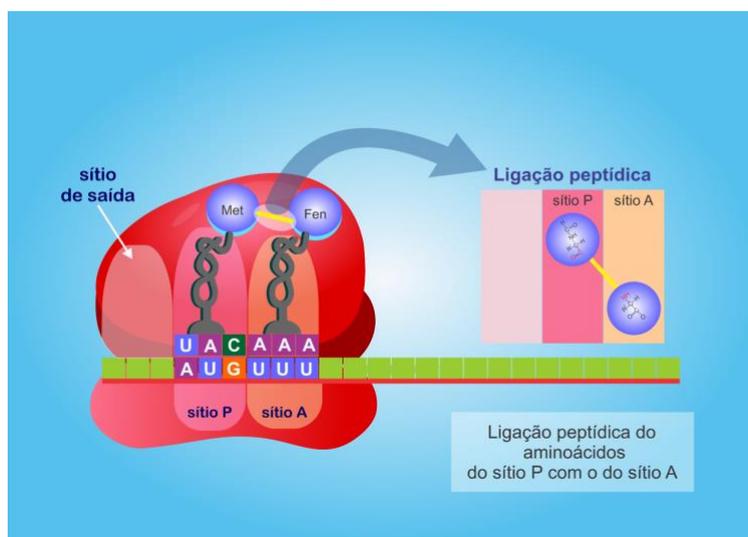


Figura 3 – Apresentação de uma tela digital dos infográficos de tradução que apresenta as escolhas de elementos gráfico pictóricos para desenvolver a atratividade dos infográficos baseadas no princípio de sinalização com cores, contrastes e setas para focalizar a atenção dos estudantes.

Lyra *et al.* (2016) apresenta que os elementos visuais no infográfico possibilitam a comunicação e que o conteúdo nas infografias, sem uma porção de originalidade, *design*, escolha adequada de cores e tipografias, pode não ser assimilado pelos intérpretes. Posto isso, Bulegon *et al.* (2017) ressaltam que as informações nos infográficos devem ser atraentes, mas também devem ser rapidamente compreendidas. Essas características apresentadas pelos autores foram perceptíveis nos relatos dos estudantes.

É possível ressaltar que o desafio desta pesquisa foi construir um projeto em que a organização dos elementos gráficos, que é o processo de diagramação das peças digitais, como forma, imagem, ilustração, direção e tipografia, atende aos princípios de Mayer (2009). Essa “organização dos elementos gráficos” chamou a atenção dos usuários e foi um aspecto positivo das infografias, como exemplificado em:

E.8: “A bela forma com cada coisa está em seu lugar, as explicações, e os desenhos forma bem distribuídos.”

Para obter essa característica nos infográficos e auxiliar o processamento cognitivo adequado dos estudantes, foi necessário, primeiramente, um processo de planejamento e estudo do conteúdo para apurar as informações essenciais da tradução, fazer uma classificação sistemática. Além do mais, a aplicação dos princípios da TCAM na diagramação foi um fator importante para que as infografias ficassem simplificadas, sintéticas, claras, com recursos visuais atraentes, influenciando, assim, na aprendizagem dos estudantes.

As informações bem organizadas nos infográficos é um fator determinante para a qualidade desses para auxiliar na retenção da mensagem transmitida (Yildirim, 2016): a visualização dos dados deve ser bem planejada para ser compreensível, com estrutura significativa (Dur, 2014); a apresentação rápida de informações, enfatizando os pontos relevantes do conteúdo, para facilitar a seleção de palavras e imagens pela memória sensorial (Yildirim, 2016).

Na categoria legibilidade e leiturabilidade, que se refere à clareza na percepção das informações textuais, ou seja, que propiciaram a facilidade da leitura e, por consequência, a compreensão, o estudante relata que

E.12: “O tema é um pouco complexo. Eu achei de positivo foi como as informações foram bem apresentadas, tudo bem explicado no texto e no desenho, isso chama bastante atenção, todos os detalhes foram bem montados.”

Os infográficos ficaram com a leitura proficiente, além de vincularem o conteúdo de forma mais direta e objetiva, com legendas em forma de resumos, com palavras-chave e imagens relevantes que concentrem as principais partes da representação relacionadas aos objetivos de aprendizagem. Mayer (2009) diz, no princípio de coerência, que se aprende com mais eficiência quando se exclui informações desnecessárias ou superficiais das mensagens de multimídia, que não sejam diretamente relevantes ao objetivo da aprendizagem, o que acaba por desviar a atenção dos estudantes. A apresentação objetiva e simples favorece a memória de trabalho a processar as informações relevantes. Lapolli (2016) complementa que imagens que não contribuem para a compreensão do conteúdo, cumprindo função simplesmente estética, devem ser suprimidas dos infográficos.

Nas abordagens dos estudantes E.8 e E.12, percebe-se que a apresentação simultânea e próxima das imagens às palavras correspondentes, estabelecidas nas infografias, favoreceu a compreensão sobre o processo de tradução, portanto, a organização dos elementos gráficos facilitou a leitura e a interpretação:

E.8: “O jeito como ele foi feito eu gostei da temática, de tudo lá, cada detalhe bem pensado. “Tipo” os desenhos fazem as pessoas compreenderem o conteúdo. Você, “batia o olho”, já via a imagem e lia o texto junto, e os nome das estruturas também, isso ajuda a memorizar e entender.”

Na abordagem da resposta do estudante E.8, “... Você, “batia o olho”, já via a imagem e lia o texto junto, e os nome das estruturas também, isso ajuda a memorizar e entender.” Essa percepção do estudante foi possível devido aos princípios da contiguidade espacial e temporal, aplicados na confecção das nossas peças digitais em que os elementos verbais e pictóricos estão integrados, pois a legenda e os textos foram colocados o mais próximo espacialmente e são apresentados simultaneamente (Figura 04), fornecendo, assim, a memorização e entendimento do tema.

A ilustração e a diagramação da infografia devem gerar resultados de valor único, tendo o balanço entre o texto e a imagem, favorecendo a leiturabilidade (Viaro, 2015), pois os infográficos devem permitir a transmissão de conteúdos informacionais de forma mais clara e concisa, principalmente para temas que exigem maior detalhamento; neles, o leitor tem a possibilidade de observar, visualizar e explorar melhor as mensagens transmitidas e não apenas ler (Cortes *et al.*, 2014).

A infografia é uma poderosa ferramenta para auxiliar a compreensão de conteúdos didáticos complexos e/ou abstratos (Escobar & Spinillo, 2016a), em concordância com E.30.

E.30: “O que mais chamou atenção foi a forma clara com que os infográficos passam as informações de um tema complexo, fazendo com que eu pudesse olhar e já tirar informações e compreendia a síntese de proteína.”

A dinamicidade foi uma categoria que apareceu sozinha, mas também associada a outras categorias como em:

E.16: “Os desenhos, a forma da explicação em conjunto, e a ideia de movimento nos infográficos.”

E.21: “A animação, pois tornou mais divertido e interessante o material”.

Os estudantes foram atraídos com menor frequência pela dinamicidade da animação dos infográficos, porém não se usou as animações de forma decorativa ou, simplesmente, para atrair a atenção, mas como parte do conteúdo informacional do material educativo, para evitar equívocos de compreensão e diminuir a sobrecarga do processamento essencial, pois, em conformidade com Mayer (2009), o material que exhibe complexidade em termos conceituais pode exceder a capacidade cognitiva.

Na entrevista do estudante E.4, há o relato sobre um dos pontos que lhe chamou a atenção, a saber “as setas que sinalizam o que está acontecendo, o destaque em textos associados e as numerações” e em questionário do E.19 “as setas que sinalizavam os acontecimentos, o destaque em texto associado e as numerações”. Essa assimilação se deve ao uso, na diagramação, do princípio de sinalização (sinais ou pistas), com cores, elementos esquemáticos e tipografias. A utilização de elementos sinalizadores (Figura 4) que direcionem a atenção dos estudantes para os aspectos importantes do tema, seja na imagem ou na legenda, facilita a seleção e organização na memória trabalho (Mayer, 2009).

No diálogo que se segue, o estudante aponta que o fato da apresentação das etapas da tradução ser disponibilizada em seções, atendo o princípio de segmentação, foi um aspecto positivo e atuou como facilitador para a compreensão. Mayer (2009) constata que, quando multimídias complexas são apresentadas em segmentos, ao invés de unidades contínuas, a aprendizagem acontece com mais facilidade.

E.14: “As cores, e os movimentos, porque no livro é só uma imagem mostrando tudo o processo. Nestes infográficos acontece a visualização em partes, é possível visualizar as ações das organelas envolvidas, e em caso de dúvidas, você pode voltar e visualizar o movimento novamente.”

Ao questionar os estudantes sobre os pontos negativos dos infográficos, constatou-se que 26 dos estudantes não apresentaram pontos negativos e 14 apresentaram limitações. Mais da metade dos participantes não apresentou aspectos problemáticos, apontando receptividade para essa modalidade de recurso didático, como no depoimento de:

E.34: “Não vi pontos negativos, pois, os infográficos me ajudaram a aprender um tema que não havia visto detalhadamente em sala de aula.”

Ficou perceptível que as infografias trabalhadas tiveram apresentações eficazes, facilitaram a compreensão do tema de tradução, tornaram a leitura proficiente e atraente, além de vincularem o conteúdo de forma mais direta e objetiva, unindo os elementos visuais com moderação. No entanto, os pontos negativos relatados foram categorizados como a falta de um texto de subsídio, como observado nas exposições de:

E.7: “Poderia ter passado um texto antes, explicando cada tema, o que significa cada estrutura. Porque tem termos que não sei o que significa.”

Na entrevista, quando requisitados a exporem as suas sugestões de melhoria do recurso didático, 10 dos entrevistados não apresentaram sugestões e expressaram-se satisfeitos; no entanto, 2 sugeriram, assim como no questionário, que os infográficos poderiam ter um texto auxiliar e, por fim, houve uma sugestão de melhoria nos vocabulários da Biologia, que corresponde à 7,7% dos entrevistados, como se observa nos discursos de:

E.4: “Não, porque eu achei bem explicativo. Também ele foi bem legal conseguiu demonstrar tudo através das imagens e nas animações.”

E.14: “Como não teve uma explicação antes, pois só foi depois na roda de conversa. Primeiro foi só conhecer o infográfico, poderia ter um texto resumido. Porque para quem não conhece o conteúdo é mais fácil. Mas, mesmo assim, deu para eu entender, só com os infográficos, sem nunca ter visto a matéria antes.”

Contudo, mesmo sugerindo um texto de subsídio, percebeu-se no trecho do estudante E.14 que foi possível a compreensão e interpretação dos infográficos, com ênfase para o fato de que foi a primeira vez que viu o conteúdo. A falta de um texto de subsídio, apresentado como ponto negativo e como sugestão na entrevista, está relacionada diretamente com as dificuldades dos estudantes já discutidas anteriormente, que são oriundas do ensino e aprendizagem da Biologia e da complexidade do tema trabalhado. Visto que, no experimento realizado Crick e Hartling (2015) foi verificado que leitores com menor conhecimento prévio e/ou formação, tem preferência por pelo o formato de texto em comparação aos infográficos.

Isso também pode ser devido aos estilos e preferências de aprendizagem individual, maior confiança em explicações textuais, ao nível de confiança no material, ou simplesmente pela a necessidade de informações adicionais, os quais justificam a sugestão de um material de introdução e de apoio. A este respeito, ao criar os infográficos de síntese de proteínas, contatamos que deve ser fornecido *links*, que conduzam os leitores às informações externas e alternativas, em conformidade com Yildirim (2016) que também faz essa sugestão em seus estudos, em razão que, deve considerar que os estudantes têm diferentes níveis de conhecimentos e preferencias para auxilia-los na superação das dificuldades no uso de infográficos para fins educacionais.

Percebeu-se, por meio da análise dos dados dos aspectos positivos e negativo e as sugestões de melhoria dos infográficos, que os estudantes apreciaram as infográficas de tradução, e similarmente quando indagados *“Você gostaria que seus professores utilizassem materiais semelhantes aos infográficos na sala de aula? Por quê?”*, eles foram unânimes (41) a disserem *“sim”*. Apontando os infográficos com recurso facilitadores na compreensão e aprendizagem, intuitivos e mais fáceis de lembrar e reter os conceitos. Adicionalmente, até apresentam uma preferência pelos infográficos dinâmicos em relação aos livros didáticos e outras modalidades usadas pelos seus professores. Como pode ser observado no seguinte relato E.11:

“Sim. Usando os infográficos para dar aula facilita a compreensão. Pois faz com que despertamos a nossa imaginação, para imaginar o processo acontecendo, naquele exato momento, e assim fazer com que compreendamos com mais facilidade.”

Constato que os infográficos devem ser elaborados respaldados de como acontece o processamento cognitivo humano de palavras e imagens, usando princípios da TCAM de Mayer (2009) para auxiliar os estudantes na seleção de palavras e imagens relevantes, para que eles as organizem em modelos mentais verbal e pictórico em consonância com tema de tradução, convertendo-se em uma aprendizagem de boa qualidade do processo de tradução gênica para os estudantes do ensino médio. Os infográficos dinâmicos tornam as etapas de tradução mais perceptíveis e mais fácil de lembrar para estudantes.

Uma vez que, a mente humana é capaz de perceber transferências de comunicação visuais em um curto espaço de tempo e de forma mais eficiente e permanente em relação às informações escritas ou verbais (Dur, 2014). Nesse contexto, infográficos bem elaborados não reafirmam informações que são retratadas pictoriamente no componente verbal, mas devem fornecer a contiguidade de informações verbais complementares (Islamoglu *et al*, 2015). Essa contiguidade elimina a procura visual, facilitando a integração de informações verbais e visuais e, como reflexo, reduz cargas desnecessárias na memória de trabalho limitada (Mayer, 2009).

Infográficos facilitadores de aprendizagem de tradução

Quando indagados, na entrevista, se recomendariam os infográficos, as respostas foram unânimes ao afirmarem que *“sim”*, pois facilitariam a compreensão do tema, mas alguns estudantes justificaram a indicação e cabe aqui a discussão sobre as diferentes razões para essas indicações, ao que responderam:

E:12: “Indicaria sim, porque com os infográficos foi possível ver os detalhes das etapas com movimento e imaginar o processo acontecendo, ficando bem mais real.”

E.36: “Sim, eu achei que os infográficos potencializaram o entendimento e o nosso aprendizado, eles ficaram bem entendível, pois são autoexplicativos.”

Por meio dos relatos, foi possível constatar que as justificativas estão relacionadas às características das infografias, como: complementariedade de textos e imagens; o destaque que proporcionou aos pontos relevantes; a atratividade; pela modalidade digital que facilitou o manuseio; autoexplicativo; e, por fim, a dinamicidade. Diversos estudantes relatam que os infográficos são fáceis de compreender, que as informações foram bem apresentadas e ressaltam a complementariedade entre os elementos verbais e pictóricos, e em outras questões já analisadas.

Pelos resultados obtidos dos critérios de leitura e interpretação, a atratividade, os aspectos positivos, negativos e as sugestões do produto educacional criado, percebeu-se que os infográficos foram esteticamente apropriados, visivelmente atraentes e funcionalmente legíveis, isto é, foram decodificados, conforme pretendido, como também é constado da fala do E.26 *“O que achei de positivo foi a facilidade de compreensão dos infográficos e a qualidade do material”*. Verificou-se também, através dos relatos dos participantes, que os recursos foram autoexplicativos, ofertaram informações com clareza, facilitaram a leitura, compreensão e interpretação.

Ao solicitar que os estudantes relatassem se a proposta da aula dialogada facilitou a compreensão do tema de tradução, os alunos foram unânimes ao afirmarem que a proposta facilitou a compreensão do tema trabalhado. As justificativas apresentadas constam na Tabela 4.

TABELA 4: Justificativas para facilidade de compreensão do tema pelo os estudantes. Fonte: Os autores N°.: número de participantes.

Categorias	Questionário N°
ao uso dos infográficos associados a explicação do professor	11
a explicação do professor	8
as estratégias de ensino utilizadas	8
uso dos infográficos	5
a associação das estratégias de ensino utilizadas com a explicação do professor.	1
Total	33

As transcrições do participantes E. 16 e da E.14 “...os infográficos são bons, mas quando estão juntos de uma boa explicação, fica melhor ainda..” ressaltam que o uso de recursos tecnológicos para auxiliar a aprendizagem vai além da simples utilização das inovações educacionais; devem estar, sobretudo, aliados a um planejamento pedagógico com objetivos de aprendizagem bem delimitados e integrados ao empenho do professor no desenvolvimento da aula, para que os recursos atuem com facilitadores na construção da aprendizagem. Exigidas novas posturas, tanto das instituições de ensino quanto do docente no que diz respeito à incorporação dos recursos tecnológicos à prática educativa, as novas tecnologias digitais podem ser utilizadas como recurso facilitador do processo de ensino e aprendizagem, contudo, continua necessitando do envolvimento do docente (Frizon, Lazzari, Schwabenland, & Tibolla, 2015).

E. 16: “Por causa das imagens dos infográficos usados e a forma que professora desenvolveu o tema, auxiliaram a compreender e tirar dúvidas do processo.”

A justificativa transcrita de E.16 demonstra que os infográficos elaborados têm potencialidades para diminuir a abstração do processo bioquímico da tradução, que é um desafio para o entendimento dos estudantes do Ensino Médio, atuando com uma ferramenta suporte para tornar esse processo molecular perceptível e essa contribuição foi fornecida pelas representações pictóricas associadas às representações verbais dos infográficos (princípio de multimídia).

E. 12: “Facilitou, por causa dos infográficos. Eles mostravam como cada etapa acontece em um passo a passo, facilitando a minha visualização e conseqüentemente a compreensão do processo como um todo, pois é mais fácil visualizar o processo acontecendo, e no livro e no quadro e tudo parado”.

Os infográficos favoreceram a compreensão do tema de tradução, os quais foram elaborados fundamentados nos princípios da TCAM, auxiliando os estudantes em um processamento cognitivo adequado de informações relevantes para o cumprimento dos objetivos de aprendizagem. Ademais, os usos dos infográficos potencializaram o ganho de conhecimento significativamente na aprendizagem, atuaram na facilitação do aprendizado com uma abordagem pedagógica auxiliadora para que os docentes atinjam seus objetivos de aprendizagem sobre os temas de síntese de proteínas.

Em um projeto de *design*, como os elaborados neste estudo, deve haver preocupação com a comunicatividade; permitindo ao leitor a decodificação das informações; ênfase na apresentação e organização dos elementos; facilidade e estímulo da leitura; harmonia e hierarquia dos elementos visuais gráficos; aspectos variados acerca do leitor/usuário, além de serem atrativas (Menezes & Queiroz, 2016). Escobar e Spinillo (2016b) reforçam que os infográficos devem ser centrados em clareza e objetividade das informações, para aproximar o público leitor, principalmente, quando tratam-se de assuntos complexos. Portanto, os infográficos atenderam aos aspectos de *design* de informação e atuaram como ferramentas de aprendizagem, sendo materiais instrucionais que oportunizaram, na perspectiva da TCAM, a aprendizagem de multimídia.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme os resultados, verificou-se que os infográficos, nesta pesquisa, foram esteticamente atrativos, dinâmicos e claros na transmissão do conteúdo e facilitaram a compreensão do processo de tradução, tornando as informações mais organizadas. Os docentes devem usar os infográficos com recursos educacionais, pois, são facilitadores no ensino e na aprendizagem, do tema de tradução gênica. E o uso dos mesmos, em aulas dialogadas auxiliaram mais significativa para a integração e retenção dos conceitos e fenômenos bioquímicos da síntese de proteína em comparação ao seu uso em leitura individual.

Porém, os designers dos infográficos devem ser bem planejados para fornecer informações consistentes e apoiados no processamento cognitivo de palavras e imagens. Indicamos um pré-treinamento de termos-chaves e de características dos elementos principais antes da visualização dos infográficos pelos os estudantes. Ademais, constatamos a necessidade de materiais com informações adicionais e alternativas, em *links*, devem ser fornecidos, principalmente, para os leitores com pouco conhecimento prévio sobre o tema.

Os elementos pictóricos devem ser de alta qualidade, o uso de cores, contrastes devem ser adequados ao contexto, uma vez, que esses elementos são os mais atraentes para os estudantes, mais sem provocar desconforto e sendo utilizados com sinalizadores das informações essenciais da tradução e compondo uma integridade com os elementos verbais. A tipografia deve ser utilizada com guias e as legendas devem ficar o mais próximo espacialmente da ilustração e preparadas com termos chaves e concisa. Não deve-se colocar elementos que geram distração, como imagens decorativa e efeitos, de atenção dos estudantes. Nos infográficos as informações, contidas nas etapas de tradução, devem ser exibidas em unidades sequenciais de forma progressivas, com subtítulos, ao invés de uma unidade contínua, pois essa modalidade de apresentação facilita a assimilação do aprendiz e processamento cognitivo de palavras e imagens.

As principais potencialidades dos infográficos elaborados para alcançar os objetivos de aprendizagem foram: a associação de imagens e textos; a dinamicidade; o uso somente de informações essenciais; a organização e complementariedade dos elementos gráficos; modalidade digital; a compreensão e interpretação; e uso dos elementos da linguagem gráfica para equilibrar atratividade e os aspectos do processamento cognitivo. Os infográficos contribuíram, deste modo, significativamente para torna o processo bioquímico da tradução mais perceptivo aos estudantes, apontando evidências, que apoiaram os participantes nas suas representações mentais, coerentes com o tema, tão necessárias à aprendizagem.

Dessa forma, é possível afirmar que foi uma proposta de recurso didático promissora para trabalhar o tema tradução, ao passo que impactam positivamente na aprendizagem dos estudantes. Com a aplicação dos princípios da TCAM nos infográficos, foi possível conduzir o aprendiz em um processo cognitivo adequado, promovendo uma aprendizagem de multimídia de boa qualidade, além de guiar o estudante por meio de um processamento ativo.

Apesar do número crescente de estudos sobre o infográfico, essa ferramenta ainda carece de mais pesquisas que verifiquem a sua eficácia como material instrucional, como ele afeta a aprendizagem, as possibilidades pedagógicas do uso em sala de aula, além de estudos subsidiados por teorias cognitivas, conjuntamente com outras teorias de aprendizagem. Sendo assim, este estudo oportunizará o desdobramento em pesquisas futuras e também incentivará docentes a utilizarem os infográficos como recursos didáticos em várias áreas e em diversas práticas pedagógicas na Educação Básica.

Concluimos, então, que a aplicabilidade dos infográficos digitais na sequência didática é uma proposta interessante e acessível que vislumbra a aprendizagem de multimídia no contexto da Educação Básica. E para o tema de tradução gênica, por ser um processo bioquímico a nível molecular, dinâmico e de difícil representação em imagens estáticas, a abordagem em infográficos dinâmicos e em suportes digitais é uma alternativa promissora para facilitar a compreensão do tema, aliás, firmamos que os infográficos podem ser utilizados para outros contextos escolares e, assim como, a outros temas da Biologia Molecular.

Agradecimentos

À CAPES, pois, o presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e pela a bolsa concedida.

REFERÊNCIAS

- Albert, B. (2017). *Biologia Molecular da Célula* (6a ed.). Porto Alegre, RS: Artmed, 299-367.
- Badzinsk, C., & Hermel, E. do E. S. (2015). A representação da genética e da evolução através de imagens utilizadas em livros didáticos de Biologia. *Revista Ensaio*, 17(2), 434-454. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21172015170208>
- Baglama, B., Yucesoy, Y., U., H., & Özcan, D. (2017). Can infographics facilitate the learning of individuals with mathematical learning difficulties?. (*IJCREE*) *International Journal of Cognitive Research in Science, Engineering and Education*, 5(2), 119-128, 2017. <http://dx.doi.org/10.17354/ijssOct/2017/4>
- Bardin, L. (2011). *Análise de conteúdo*. São Paulo, SP: Edições 70.
- Bezerra, C. C., & Serafim, M. L. (2016). *As gerações de infográficos comunicativos: propostas e possibilidades para a educação a distância. Teorias e práticas em tecnologias educacionais*. Campina Grande, PB: Eduepb, 99-122. <https://doi.org/10.7476/9788578793265>
- Bulegon, A. M., Drescher, C. F., & Santos, L. R. (2017). Infográficos: possibilidade de atividades de ensino para aulas de Física e Química. *XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XI ENPEC Universidade Federal de Santa Catarina, Ensino e aprendizagem de conceitos científicos*. Florianópolis, SC, Brasil. Recuperado de <http://www.abrapecnet.org.br/enpec/xi-enpec/anais/resumos/R2275-1.pdf>
- Burgin, S. R., Oramous, J., Kaminski, M., Stocker, L., & Moradi, M. (2018). High school biology students use of visual molecular dynamics as an authentic tool for learning about modeling as a professional scientific practice. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 46(3), 230-236. <https://doi.org/10.1002/bmb.21113>
- Calegari, D. A., & Perfeito, A. M. (2013). Infográfico: possibilidades metodológicas em sala de aula de Ensino Médio. *Entretextos*, 13(1), 291-307. <http://dx.doi.org/10.5433/1519-5392.2013v13n1p>
- Carvalho, J., & Aragão, I. (2012). Infografia: Conceito e Prática. *InfoDesign:Revista Brasileira de Design da Informação*, 9(3), 160-17. <https://doi.org/10.51358/id.v9i3.136>
- Cortes, T. P. B. B., Maciel, R. S., Nunes, M. F. H., & Souza, C. H. M. A. (2014). Infográfica Multimídia como Recurso Facilitador no Ensino-Aprendizagem em sala de aula. *Revista Científica Internacional*, 1(1), 1-12. <https://doi.org/10.6020/1679-9844/2901>
- Crick, K., & Hartling, L. (2015). Preferences of knowledge users for two formats of summarizing results from systematic reviews: Infographics and critical appraisals. *PLoS ONE*, 10(10), 1–8. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0140029>
- Davis, M., & Quinn, D. (2013). Visualizing text: The new literacy of infographics. *Reading today*, 31(3), 16-18. Recuperado de https://www.academia.edu/5615673/Visualizing_Text_The_New_Literacy_of_Infographics
- Dur, B. U. (2014). Data Visualization and Infographics in Visual Communication Design Education at the Age of Information. *Journal of Arts and Humanities (JAH)*, 3(5), 39-50. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/303738640_Data_Visualization_and_Infographics_In_Visual_Communication_Design_Education_at_The_Age_of_Information
- Duré, R. C., Andrade, M. J. D. de, & Abílio, F. J. P. (2018). Ensino de biologia e contextualização do conteúdo: quais temas o aluno de ensino médio relaciona com o seu cotidiano?. *Experiências em Ensino de Ciências*, 13(1), 259-272. Recuperado de https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID471/v13_n1_a2018.pdf
- Escobar, B. T. de, & Spinillo, C. G. (2016a). Infografia e educação: proposta de processo de design para infográficos na Educação à Distância. *12º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design, Belo Horizonte. Blucher Design Proceedings*, 2(9), 1158-1170. <http://dx.doi.org/10.5151/despro-ped2016-0099>

- Escobar, B. T. de, & Spinillo, C. G. (2016b). Retórica visual na infografia sobre saúde. *Revista Brasileira de Design da Informação*, 13(2), 162-179. <https://doi.org/10.51358/id.v13i2.471>
- Fontes, G. O., Chapani, D. T., & Souza, A. L. B. (2013). Simulação do processo de síntese de proteínas: limites e possibilidades de uma atividade didática aplicada a alunos do Ensino Médio. *Experiências em Ensino de Ciências*, 8(1). Recuperado de https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID197/v8_n1_a2013.pdf
- Freitas, X. M. S., Maciel-Cabral, H. M., & Silva, C. C. da. (2020). O ensino do dogma central da biologia molecular: dificuldades e desafios. *EDUCA – Revista Multidisciplinar em Educação*, 7(17), 452-46. <https://doi.org/10.26568/2359-2087.2020.4142>
- Frizon, V., Lazzari, M. D. B., Schwabenland, F. P., & Tibolla, F. R. C. (2015). A formação de professores e as tecnologias digitais. *XII Congresso Nacional de Educação*, Curitiba PA, Brasil. Recuperado de https://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2015/22806_11114.pdf.
- Gerhardt, T. E., & Silveira, D. T. (Orgs.). (2009). *Métodos de Pesquisa*. Porto Alegre, RS: Ufrgs.
- Gregório, E. A. (2016). 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*, 11(1), 47-60. Recuperado de https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID303/v11_n1_a2016.pdf
- Gutierrez, K. (2014). Studies confirm the power of visuals in eLearning. *Shift Disruptive ELearning*. Recuperado de <https://www.shiftelearning.com/blog/bid/350326/studies-confirm-the-power-of-visuals-in-elearning>
- Islamoglu, H., Ay, O., Ilic, U., Mercimek, B., Donmez, P., Kuzu, A. & Odabasi, F. (2015). Infographics: A new competency area for teacher candidates. *Cypriot Journal of Educational Sciences*, 10(1), 32-39. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/274370145_Infographics_A_new_competency_area_for_teacher_candidates
- Krasilchik, M. (2008). *Prática de Ensino de Biologia*. (4a ed.). São Paulo SP: Universidade de São Paulo.
- Lamb, A., & Johnson, L. (2014). Infographics part 1: Invitations to inquiry. *Teacher Librarian*, 41(4), 54–58. Recuperado de <https://scholarworks.iupui.edu/bitstream/handle/1805/8589/tl42014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Lapolli, M. Infografia além da objetividade. (2016). *InfoDesign - Revista Brasileira de Design da Informação*, 16(2), 309-320. Recuperado de <https://www.infodesign.org.br/infodesign/article/view/560>
- Lazzaroni, A. A., & Teixeira, G. A. P. B. (2017). Construção e aplicação de um modelo tridimensional como recurso didático para o ensino de síntese proteica. *Revista de Ensino de Bioquímica*, 15(2), 37-48. <https://doi.org/10.16923/reb.v15i2.742>
- Lundquist, K., Herndon, C., Harty, T. H., & Gumbart, J. C. (2016) Accelerating the Use of Molecular Modeling in the High School Classroom with VMD Lite. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 44 (2), 124-129. <https://doi.org/10.1002/bmb.20940>
- Lyra, K., & Isotani, S. (2017), Impacto do uso de infográficos com materiais de aprendizagem e suas correlações com satisfação, estilos de aprendizagem e complexidades visual. *CBIE – VI Congresso Brasileiro de Informática na Educação*, 46-56. <http://dx.doi.org/10.5753/cbie.wcbie.2017.46>
- Lyra, K. T., Isotani, S., Reis, R. C. D., Marques, L. B., Pedro, L. Z., Jaques, P. A., & Bitencourt, I. I. (2016). Infographics or Graphics+ Text: Which Material is Best for Robust Learning?. *16ª International Conference on Advanced Learning Technologies*, 366- 370. <http://DOI 10.1109/ICALT.2016.83>
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning* (2a ed.). New York, NY: Cambridge University Press.
- MEC – Ministério da Educação. (2018). *Base Nacional Comum Curricular*. Recuperada de http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf

- Menezes, H. F., & Queiroz, J. E. R. de. (2016). Análise dos princípios visuais no projeto gráfico: estudo de caso envolvendo infográficos jornalísticos. *12º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design, Blucher Design Proceedings*, 2(9), 4673-4685. Belo Horizonte, MG, Brasil. <http://dx.doi.org/10.5151/despro-ped2016-0402>
- Miranda, F. de, & Andrade, R. de C. (2017). Pensar Infográfico: uma proposta de ensino introdutório de infografia sob a perspectiva da linguagem gráfica. *Revista Brasileira de Design da Informação*, 14 (3), 374-396. Recuperado de <https://infodesign.emnuvens.com.br/infodesign/article/view/567>
- Nascimento, M. S. B., Silva, C. H. S., Fernandes, E. F., Dantas, F. K. da S., & Sobreira, A. C. de M. (2015). Desafios à prática docente em biologia: o que dizem os professores do ensino médio?. *XII Congresso Nacional de Educação*, Curitiba PA, Brasil. Recuperado de https://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2015/18007_10120.pdf
- Nelson, D. L., & Cox, M. M., (2011). *Princípios de Bioquímica de Lehninger*. (5a ed.). Porto Alegre, RS: Artmed, pp. 893-923.
- Oliveira, D. P. de, & Ferreira, M. (2018) Percepções de Genética, Biologia Molecular e Biotecnologia dos Professores de Ciências e Biologia de Escolas do Tocantins e Amazonas. *Revista Cereus*, 10(4), 68-84. <http://doi.org/10.18605/2175-7275/cereus.v10n4p68-84>
- Papageorgiou, G., Amariotakis, V., & Spiliotopoulou, V. (2017). Visual representations of microcosm in textbooks of chemistry: constructing a systemic network for their main conceptual framework. *Chemistry Education Research and Practice*, 18(4), 559-571. <https://doi.org/10.1039/C6RP00253F>
- Papageorgiou, G., Amariotakis, V., & Spiliotopoulou, V. (2019). Illustration characteristics regarding visual representations of microcosm in textbooks of chemistry: Evolving a systemic network. *Science Education International*, 30(3), 181-193. <https://doi.org/10.33828/sei.v30.i3.4>
- Perin, M., Chromiec, E., & Beccari, M. (2019). O discurso do Design da Informação: um estudo a partir do CIDI | Information Design discourse: a CIDI-based study. *InfoDesign - Revista Brasileira de Design da Informação*, 16(3), 360–373. <https://doi.org/10.51358/id.v16i3.765>
- Rajamanickam, Venkatesh. 2005. Infographics Seminar Handout. Recuperado de https://infovis-wiki.net/wiki/Information_Graphic
- Rocha, N. C. da, Vasconcelos, B., Maia, J. C., Gallão, M. I., Rodrigues, D. A. M., & Hissa, D. C. (2017). Jogo didático “síntese proteica” para favorecer a aprendizagem de Biologia Celular. *Experiências em Ensino de Ciências*, 12(2), 129-137, Recuperado de https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID353/v12_n2_a2017.pdf
- Schallenberger, K., & Soares N. A. (2020). O ensino de Biologia Celular e Molecular na formação inicial docente a partir do método Team-based-learning. *Revista de Ensino de Bioquímica*, 20(1), 67-81. <https://doi.org/10.16923/reb.v17i0.856>
- Silva, V. T. da, & Menezes, J. P. C. (2020). Avaliação de uma oficina orientada para “Síntese Proteica”: contribuições e possibilidades para o ensino de bioquímica no Ensino Médio. *Revista de Ensino de Bioquímica*, 20(2) 15-29. <http://dx.doi.org/10.16923/reb.v20i2.924>
- Souza, R. M., & Barrio, J. B. M. (2017). A célula em imagens: uma análise dos livros didáticos de Biologia aprovados no PNLD 2015. *XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XI ENPEC* Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil. Recuperado de http://www.abrapecnet.org.br/enpec/xi-enpec/anais/lista_area_13.htm
- Tibell, L. A. E., & Rundgren, C. J. (2010). Educational Challenges of Molecular Life Science: Characteristics and Implications for Education and Research. *CBE-Life Sciences Education*, 9(1), 25-33. <https://doi.org/10.1187/cbe.08-09-0055>
- Viaro, F. S. (2015). *Proposição de diretrizes para o projeto de gráficos instrucionais de qualidade*. (Dissertação de mestrado). Programa de Pós-graduação em Design, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS, Brasil. <http://hdl.handle.net/10183/127667>

- Vilhena, L., Mota, F. N. N. da, Oliveira, F. C. de, Bastista, F. T. S., Drefs, Y. D. S., & Rosa. L. de O. (2016). Jogo Bozó Genético: uma proposta didática como alternativa para o ensino da replicação do DNA no ensino médio. *Ensino de Bioquímica*, 14(3), 57-67. <http://dx.doi.org/10.16923/reb.v14i3.645>
- Vitória, A. B. da, Souza, J. Y. K. de, & Andrade, M. B. (2018). Amigoácidos: uma proposta lúdica para o ensino de biologia molecular. *SBC Proceedings of SBGames*, Foz do Iguaçu, PR, Brasil. Recuperado de <https://www.sbgames.org/sbgames2018/files/papers/EducacaoShort/188213.pdf>
- Yarbrough, J. R. (2019). Infographics: in support of online visual learning. *Academy of Educational Leadership Journal*, 23(2), 1528-2643-23-2-135. <https://www.scholarscentral.com/pdfs/1197/Infographics-in-support-of-online-visual-learning-1528-2643-23-2-135.pdf>
- Yildirim, S. (2016). Infographics for Educational Purposes: Their Structure, Properties and Reader Approaches. *TOJET: The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 15(3), 98-109. Recuperado de <http://www.tojet.net/articles/v15i3/15311.pdf>

Recebido em: 26.09.2020

Aceito em: 20.04.2021