

Análise de videoaulas sobre síntese proteica através da Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia (TCAM)

Analysis of video lessons on protein synthesis through the Cognitive Theory of Multimedia Learning (CTML)

Análisis de videoclases sobre síntesis de proteínas a través de la Teoría Cognitiva del Aprendizaje Multimedia (TCAM)

Recebido: 17/06/2022 | Revisado: 29/06/2022 | Aceito: 02/07/2022 | Publicado: 11/07/2022

Jaqueline Inez de Santana

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1226-0200>
Universidade Federal de Pernambuco, Brasil
E-mail: jaqueline.isantana@ufpe.br

Talita Giselly dos Santos Souza

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5254-3056>
Centro Universitário Unifacol, Brasil
E-mail: talitagiselly@hotmail.com

Ricardo Ferreira das Neves

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2500-2817>
Universidade Federal de Pernambuco, Brasil
E-mail: ricardo.fneves2@ufpe.br

Resumo

A síntese proteica representa um conteúdo essencial para o entendimento de outros temas da Biologia, mas professores e estudantes ainda encontram dificuldades sobre esse conteúdo, uma vez que envolve conceitos e processos submicroscópicos e moleculares. Atualmente, devido ao desenvolvimento tecnológico e ao fácil acesso à Internet, as multimídias se apresentam como recursos relevantes podendo ser uma ferramenta para a aprendizagem. A pesquisa teve como objetivo analisar videoaulas sobre síntese de proteínas disponíveis no YouTube, através das perspectivas da Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia (TCAM). A análise ocorreu de forma qualitativa mediante as nove videoaulas mais visualizadas sobre síntese de proteínas disponíveis no YouTube sendo submetidas a onze princípios da TCAM. Observamos desvios nos princípios da coerência, do pré-treinamento e da imagem como os mais recorrentes nas videoaulas. É importante planejar a construção de recursos multimídias, considerando algum aporte teórico e metodológico, evitando a presença de obstáculos no processo de ensino-aprendizagem.

Palavras-chave: Ensino de biologia; Proteínas; Recursos multimídia.

Abstract

Protein synthesis is an essential topic for the understanding of other subjects in the field of Biology, but teachers and students still struggle with it, since it involves submicroscopic, and molecular concepts and processes. Nowadays, due to technological advancement and easy internet access, multimedia presents itself as a meaningful resource that can be a tool for learning. This study's objective was to analyze video lessons about protein synthesis, available on YouTube, through the perspectives of the Cognitive Theory of Multimedia Learning (CTML). The method of analysis was qualitative through the submission of the nine most viewed video lessons on protein synthesis available on YouTube to eleven principles of the CTML. We noted deviations in the principles of coherence, pre-training, and image as the most recurrent in the video lessons. It is important to plan the development of multimedia resources considering some theoretical and methodological input, thus avoiding obstacles in the teaching-learning process.

Keywords: Biology teaching; Proteins; Multimedia resources.

Resumen

La síntesis de proteínas representa un contenido esencial para la comprensión de otros temas de Biología, pero profesores y estudiantes aún enfrentan dificultades sobre este contenido, ya que involucra conceptos y procesos submicroscópicos y moleculares. Actualmente, debido al desarrollo tecnológico y al fácil acceso a Internet, los multimedia se presentan como recursos relevantes y pueden ser una herramienta para el aprendizaje. La investigación tuvo como objetivo analizar las videoclases sobre síntesis de proteínas disponibles en YouTube, a través de las perspectivas de la Teoría Cognitiva del Aprendizaje Multimedia (TCAM). El análisis se realizó cualitativamente a través de las nueve clases de video más vistas sobre síntesis de proteínas disponibles en YouTube y sometidas a once principios

de TCAM. Observamos desvios em los principios de coherencia, pre-entrenamiento e imagen como los más recurrentes en las videoclases. Es importante planificar la construcción de recursos multimedia, considerando algún aporte teórico y metodológico, evitando la presencia de obstáculos en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Palabras clave: Enseñanza de la biología; Proteínas; Recursos multimedia.

1. Introdução

No campo das Ciências Biológicas têm sido crescente as pesquisas que envolvem a abordagem de conceitos abstratos, considerando por exemplo, estruturas celulares, processos biológicos e reações bioquímicas, apontando dificuldades no ensino de conteúdos microscópicos e moleculares, por estarem fora do campo de visão, ou seja, à vista desarmada, requerendo do sujeito significativa mobilização cognitiva para entendê-los (Carvalho et al., 2014; Neves et al., 2016). O conteúdo acerca da síntese proteica apresenta essa peculiaridade, sendo de extrema importância para a compreensão de reações bioquímicas realizadas pelos organismos vivos, uma vez que apresentam material genético e expressam suas informações por meio das proteínas, cujos polímeros são formados através da informação genética presente na molécula de DNA (Alberts et al., 2017).

Esse conteúdo envolve temas essenciais para a compreensão de aspectos da hereditariedade e de temas ligados a biotecnologia (Brasil, 1997), mas por ser abstrato, precisa estar atrelado às práticas pedagógicas diferenciadas, utilizando-se de metodologias inovadoras e ferramentas dinâmicas, visando uma melhor compreensão deste conteúdo (Fontes et al., 2013; Moran, 2017). Assim, uma alternativa seria a realização de atividades atrativas e contextualizadas mediante o uso de jogos, práticas lúdicas, modelos didáticos, vídeos educacionais, videoaulas ou aulas experimentais, que podem colaborar com o processo de ensino-aprendizagem na abordagem de temas dessa natureza (Siqueira et al., 2010; Gregório et al., 2016).

Nessa perspectiva, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) do Ensino Médio (Brasil, 2017, p. 507), corrobora com essa perspectiva, quando aponta a importância de diversificar os tipos de recursos de apoio didático para fomentar o ensino, e sugere a utilização de “imagens, animações, áudios e vídeos (produzidos e de terceiros)”, como apoio às aulas. Também, o uso de recursos como câmeras e computadores que estão atualmente presentes no cotidiano de muitos estudantes, podem ser empregados em substituição aos microscópios e outros equipamentos para atividades experimentais, quando ausentes no ambiente escolar (Brasil, 1997).

Assim, considerando o advento tecnológico, o uso de recursos multimídias, àqueles que envolvem concomitantemente o uso de informações visuais (imagens) e auditivas (palavras), podem ser interessantes instrumentos para o ensino (Brasil, 1997; Mendes, 2010). Esses recursos podem substituir alguns equipamentos técnicos para realização de práticas nas escolas, e quando elencados a prática docente podem potencializar as aulas, incitando o desenvolvimento de habilidades e competências, estimulando a autonomia do estudante e o despertar da curiosidade. Além de estimular a aprendizagem e conduzir a formação crítica do aluno (Oliveira & Dias Junior, 2012; Borges & Alencar, 2014).

Diante do exposto, percebe-se que recursos multimídias como vídeos educativos e videoaulas estão disponíveis gratuitamente na Internet e muitos deles, ainda que tenham a intencionalidade de colaborar com o processo de ensino-aprendizagem, podem compartilhar informações errôneas e deturpadas ao conhecimento científico, gerando obstáculos no entendimento do conteúdo (Silva, 2015). Sendo assim, embora as multimídias possam ser utilizadas como ferramenta de apoio pedagógico às aulas, é importante que o docente procure critérios científicos para eleger o material audiovisual como pertinente e proveitoso para a aprendizagem do aluno.

Nesse viés, os professores devem selecionar multimídias como ferramenta de apoio pedagógico para colaborar na compreensão dos conteúdos de Ciências e Biologia, estabelecendo critérios que elejam o material audiovisual como pertinente e proveitoso para a aprendizagem. Existem propostas como a Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia (TCAM), que infere princípios para análise de multimídias e assim, minimiza problemáticas conceituais ao identificar os desvios multimídia que poderiam prejudicar a compreensão do tema.

Diante disso, tem-se como problemática da pesquisa entender: como se apresentam videoaulas na plataforma *YouTube* sobre processo de síntese de proteínas mediante análise multimídia?. Assim, o presente estudo tem como objetivo geral analisar videoaulas sobre síntese de proteínas disponíveis no *YouTube* através das perspectivas da Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia (TCAM). Para isso elencou-se os seguintes objetivos específicos: 1) Inferir os princípios multimídias da TCAM nas videoaulas selecionadas sobre síntese proteica; 2) Identificar os possíveis desvios multimídias apresentados nas videoaulas sobre síntese proteica e as implicações ao processo de ensino-aprendizagem nas Ciências Biológicas.

O conteúdo síntese proteica

Na década de 50, a partir da descoberta da molécula do Ácido Desoxirribonucleico (DNA) foi possível compreender como a informação hereditária das células é codificada em sequências de nucleotídeos, e que parte dessa informação é usada para especificar a ordem de aminoácidos de cada proteína sintetizada por todos os organismos vivos. As proteínas representam “os principais constituintes das células, a decodificação do genoma determina não somente o tamanho, a forma, as propriedades bioquímicas e o comportamento das células, mas também as características típicas de cada espécie na Terra” (Alberts et al., 2011, p. 231).

Vale ressaltar que, o DNA não direciona a síntese proteica diretamente, pois a molécula de RNAm é utilizada como um intermediário nesse processo, e quando determinada proteína é necessária na célula, a informação contida no DNA é transcrita em uma molécula de RNAm dentro do núcleo da célula. Ao sair do núcleo, o RNAm é usado para direcionar a síntese de proteínas junto aos ribossomos. Sendo assim, esse processo é realizado em duas grandes etapas: 1 - processo de transcrição: do DNA ao RNAm e 2 - processo de tradução: do RNAm à proteína (Alberts et al., 2017).

Ao abordar o conteúdo de síntese proteica é fundamental que os estudantes compreendam os mecanismos de codificação e decodificação genética, pois são essenciais para entendimento de outros conteúdos como a hereditariedade, por exemplo, (Brasil, 1997), mas por ser um processo abstrato, torna-se difícil a assimilação por partes dos alunos (Sousa, 2019). Outro empecilho no processo de ensino-aprendizagem envolve, segundo Vigario e Cicillini (2019), um excesso de aulas restritas apenas a utilização do quadro e do livro didático, em uma aprendizagem mecânica e memorística ao invés de utilizar metodologias inovadoras, que poderiam contribuir para uma aprendizagem mais eficiente.

Desse modo, é necessário o uso de estratégias metodológicas e recursos que fujam do tradicional com aulas mais dinâmicas (Nicola & Paniz, 2016; Sousa, 2019). Além disso, é importante que o ensino seja contextualizado fornecendo significado aos conteúdos e possibilitando o estabelecimento de ligações com outros campos de conhecimento (Brasil, 2006).

Videoaulas: recurso multimídia para o ensino

A utilização das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC) representa um significativo aporte para a prática docente como recursos didático-pedagógicos nas aulas e podem ser promissores para desenvolver atividades e experimentos práticos, na ausência de um laboratório e equipamentos técnicos. Desse modo, a utilização de softwares que simulam um microscópio, bem como o uso de simulações e animações, vídeos ou videoaulas, por exemplo, podem oportunizar o entendimento sobre conteúdos como: reações químicas, ciclos biológicos e processos complexos de forma lúdica e dinâmica (Silva et al., 2017; Vieira, 2018; Ferreira, 2019).

Diante disso, a facilidade em manusear as TDIC permite que os estudantes acessem os mais diversos conteúdos, presentes em mídias sociais, sites e plataformas, mediante os aplicativos e ferramentas disponíveis *on-line* ou *off-line* em aparelhos eletrônicos (Vieira, 2018). Entre as plataformas digitais existentes destaca-se o *YouTube* que é uma referência no compartilhamento de vídeos e videoaulas, por ser de fácil acesso e ter uma vasta quantidade de propostas e finalidades diversas

como busca de informações, curiosidades, entretenimento ou base para estudos (Oliveira, 2016). Além disso, nessa plataforma é possível criar um canal e divulgar conteúdos, sem grandes dificuldades (Silva, 2016).

No tocante às videoaulas, o estudante pode estudar conteúdos das Ciências Biológicas a partir da explanação de um professor/apresentador do canal e pode revisar os assuntos abordados em sala de aula (Viégas, 2018). No entanto, as videoaulas podem apresentar elementos que dificultam a compreensão de um determinado assunto. Assim, o uso inadequado ou não planejado na elaboração de uma videoaula pode distrair o aluno e gerar obstáculos na sua aprendizagem (Costa, 2010). Dessa forma, é necessário que o professor/apresentador da aula utilize objetivos claros e bem articulados para evitar possíveis equívocos conceituais (Aranha et al., 2019; Santos et al., 2020).

Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia

A Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia (TCAM) foi desenvolvida pelo psicólogo e professor Richard Mayer, considerando que os sujeitos aprendem melhor a partir da associação de palavras e imagens, do que somente palavras (Mayer, 2005). A TCAM objetiva instituir os valores educacionais e estabelecer princípios norteadores para criar e avaliar o grau didático dos materiais multimídias, levando em consideração os processos cognitivos envolvidos no processamento das informações pelos alunos (Mayer, 2005; Guerch, 2017; Rojas & Spinillo, 2019).

Dessa forma, a associação entre palavras e imagens em materiais multimídias permite que o aluno tenha uma aprendizagem mais eficiente, uma vez que ele consegue construir representações visuais e verbais a respeito do material, sendo também possível estabelecer conexões entre esses dois campos (Mayer, 2005). As palavras podem se apresentar como texto (escrito) ou narração (fala), enquanto as imagens podem ser estáticas (figuras paradas) ou animadas (figuras em movimento), cuja associação pode desenvolver grande potencial em colaborar na compreensão do indivíduo acerca de um conteúdo (Mayer & Moreno, 2002). Nesse sentido, a TCAM apresenta os seguintes pressupostos (Mayer & Moreno, 2003; Mayer, 2005):

- **Canal duplo:** Os seres humanos processam informações em dois canais diferentes: canal visual e canal auditivo.
- **Capacidade limitada:** Cada canal possui uma limitação no processamento simultâneo da informação.
- **Processamento ativo:** A aprendizagem ocorre quando existe processamento nos dois canais, uma vez que a informação é recebida, selecionada, organizada e integrada aos outros conhecimentos pré-existentes.

Assim, a fim de contribuir para a criação de materiais instrucionais que promovam uma aprendizagem eficiente a partir de multimídias, Mayer estabeleceu doze princípios baseados em três tipos de cargas cognitivas (Quadro 1), cujo equilíbrio dessas cargas procura tornar o processo de ensino-aprendizagem mais eficiente (Mayer, 2005; Silva, 2015).

Quadro 1. Cargas cognitivas e princípios multimídias.

CARGAS	PRINCÍPIOS
<p>Redução do processamento estranho</p> <p>Diminuição de informações irrelevantes que podem comprometer a aprendizagem</p>	<p>Coerência: A pessoa pode aprender melhor quando materiais estranhos (imagens, palavras e/ou sons) são excluídos, evitando sobrecarregar ao cognitivo do indivíduo.</p>
	<p>Contiguidade Espacial: A pessoa pode aprender melhor quando as palavras (texto escrito) são apresentadas na mesma página das imagens correspondentes.</p>
	<p>Contiguidade Temporal: A pessoa pode aprender melhor quando a narração e a animação são apresentadas sincronicamente, ao invés de sucessivamente.</p>
	<p>Redundância: A pessoa pode aprender melhor quando é utilizado conjuntamente recursos de animação e narração, ao invés de animação, narração e texto escrito.</p>
<p>Sinalização: Uma pessoa pode aprender melhor quando o material apresentando na multimídia possui elementos sinalizadores (setas, cores, escalas, números, entre outros), visando orientar o indivíduo.</p>	<p>Gerenciamento do processamento essencial</p> <p>Organização das informações essenciais para a criação de um modelo mental do conteúdo</p>
<p>Modalidade: A pessoa pode aprender melhor a partir da associação de animação e narração, ao invés de animação e texto escrito.</p>	
<p>Pré-Treinamento: A pessoa pode aprender melhor quando recebe um treinamento prévio de nomes, termos e características relacionados ao conteúdo.</p>	
<p>Segmentação: A pessoa pode aprender melhor quando uma aula é estabelecida em segmentos, considerando o ritmo do aluno ao invés de apresentar o conteúdo de forma contínua.</p>	<p>Promoção do processamento generativo</p> <p>Retenção e alocação do conhecimento para diferentes situações de aprendizagem</p>
<p>Imagem: A pessoa pode aprender melhor quando a figura do orador é adicionada à tela.</p>	
<p>Multimídia: A pessoa pode aprender melhor a partir da associação de imagens e palavras (faladas ou escritas), ao invés de apenas palavras.</p>	
<p>Personalização: A pessoa pode aprender melhor quando a narração é feita de modo coloquial, ao invés de formal.</p>	
<p>Voz: A pessoa pode aprender melhor quando a narração é realizada por voz humana, ao invés de computadorizada.</p>	

Fonte: Adaptado de Mayer, 2005, p. 117, 147, 159, 169, 183, 201, tradução dos autores

Sendo assim, o uso da TCAM para análise de multimídias permite notar se as produções multimídias levam em conta princípios que facilitam o aprendizado do aluno, sem que ocorra a sobrecarga e a propagação de informações equivocadas, respeitando assim os limites da capacidade cognitiva do estudante. Tais princípios devem ser empregados na construção de modelos instrucionais, que quando bem projetados, podem levar a melhores resultados do que as práticas tradicionais de ensino (Mayer, 2005; Almeida et al., 2014; Martins et al., 2017).

2. Metodologia

A abordagem metodológica foi qualitativa, de caráter descritivo prezando pela descrição detalhada dos fenômenos e elementos observados durante a análise de videoaulas (Minayo, 2009).

Inicialmente, foi realizada uma busca por videoaulas na plataforma do *YouTube* utilizando a palavra-chave “síntese de proteínas”. Apesar de existir outras plataformas, a escolha aponta para o acesso gratuito, acessível e de fácil manuseio. Além disso, a literatura descreve que ela é a mais utilizada entre os usuários na busca por informações sobre temas diversos, estudos ou entretenimento (Ramos et al., 2019; Nagumo et al., 2020).

Para a coleta de dados, utilizou-se da proposta de Silva (2015), considerando os critérios para a seleção de videoaulas, a saber: ser o tema/conteúdo objeto da pesquisa e ser em Língua Portuguesa, com tempo de execução de até 10 minutos e maior número de acessos.

Dessa forma, foram selecionadas apenas nove videoaulas, pois diferente da análise de multimídias estáticas, na qual se utiliza apenas três dos doze princípios da TCAM, na análise de videoaulas pode-se inferir até onze princípios (Mayer, 2005; Neves et al., 2016). Nesse sentido, foi excluído o princípio de contiguidade espacial, pois o mesmo é utilizado para a análise de livros para verificar a proximidade do texto escrito e das ilustrações correspondentes (Silva et al., 2022).

Após a seleção das videoaulas, cada uma foi submetida a análise multimídia por meio dos princípios da TCAM, a partir dos critérios disponíveis no Quadro 2, sendo classificada como satisfatória em relação a um princípio, quando atendessem às premissas do mesmo, ou insatisfatória, quando possuísse desvios, ou seja, não atendessem o princípio analisado.

Quadro 2. Princípios utilizados para a análise das videoaulas.

CARGAS	PRINCÍPIOS	CRITÉRIOS
Redução do processamento estranho	Coerência	Insatisfatória – presença de materiais (palavras, imagens e sons) irrelevantes para a compreensão do conteúdo.
	Contiguidade Temporal	Insatisfatória – quando palavras faladas e imagens não forem apresentadas simultaneamente.
	Redundância	Insatisfatória – ausência de animação e narração, mas animação junto à narração e o texto escrito.
	Sinalização	Insatisfatória – quando não são adicionados sinais para destaque das informações importantes sobre o conteúdo exposto.
Gerenciamento do processamento essencial	Modalidade	Insatisfatória – ausência de animação e narração, mas animações e texto escrito.
	Pré-treinamento	Insatisfatória – ausência de apresentação prévia de nomes, características e conceitos-chaves antes da explicação do conteúdo.
	Segmentação	Insatisfatória – quando o conteúdo for apresentado de forma continuada, ao invés de dividido em “blocos”.
Promoção do processamento generativo	Imagem	Insatisfatória – ausência da imagem do orador na tela.
	Multimídia	Insatisfatória – presença de apenas textos ao invés de imagens associadas a eles.
	Personalização	Insatisfatória – quando o narrador não fizer uso de uma linguagem coloquial.
	Voz	Insatisfatória – quando a narração for realizada por uma voz computadorizada.

Fonte: Mayer, 2005, p. 117, 147, 159, 169, 183, 201, tradução dos autores.

É importante destacar que este trabalho utilizou um sistema alfanumérico (V01, V02, V03...Vn) para identificar as videoaulas. Outras informações foram suprimidas, a fim de resguardar a identidade dos professores/apresentadores e os canais das videoaulas no *YouTube*, que disponibilizaram o material analisado. Todas as videoaulas foram descritas brevemente no quadro 3, antes de serem submetidas à análise à luz dos princípios da TCAM.

3. Resultados e Discussão

3.1 Descrição das videoaulas

A síntese das informações obtidas a partir da descrição das videoaulas está apresentada no quadro 3, proporcionando uma comparação geral dos arquivos selecionados.

Quadro 3. Sinopse das informações obtidas a partir da descrição das videoaulas analisadas.

Nº da Videoaula	Duração	Ano de Envio	Visualizações	Resumo
V01	3'13''	2017	198.092	A videoaula se inicia com a definição de uma célula, estrutura que apresenta um núcleo que abriga os cromossomos. Explica que os cromossomos são formados por DNA e que nele há genes. Por fim, são abordados os processos de transcrição e tradução.
V02	7'05''	2017	156.273	A videoaula se inicia com uma revisão sobre a estrutura do DNA e o processo de duplicação. Após isso, é explicado o processo de transcrição e tradução do DNA.
V03	9'58''	2019	113.795	A videoaula se inicia com uma contextualização sobre as diferentes cores dos olhos humanos com a quantidade de melanina (proteína) encontrada em cada olho. Após isso, conceitua-se DNA e gene, e fala dos processos de transcrição e tradução.
V04	7'18''	2016	101.886	A videoaula se inicia com a explicação das etapas dos processos de transcrição e tradução, dando enfoque em onde ocorre cada um na célula. Após isso, são explicados ambos os processos de forma mais detalhada.
V05	5'40''	2015	96.091	A videoaula se inicia explicando um pouco sobre o metabolismo celular e o papel das proteínas nos seres vivos. Fala-se sobre a duplicação do DNA e sobre os processos de transcrição e tradução.
V06	9'55''	2010	34.928	A videoaula se inicia explicando a importância das proteínas para os seres vivos. Em seguida, aborda um pouco sobre o código genético e explica os processos de transcrição e tradução.
V07	7'04''	2018	19.068	A videoaula se inicia com a associação da célula a um restaurante e relaciona a cozinha com o núcleo celular, essa analogia foi utilizada para explicar que é necessário etapas e processos para formar uma proteína. Em seguida, explica os processos de transcrição e tradução.
V08	6'00''	2013	14.858	A videoaula se inicia explicando o processo de transcrição rapidamente. O foco da aula foi o processo de tradução do RNAm em proteína.
V09	6'28''	2014	5.708	A videoaula se inicia definindo o que são as proteínas. Após isso, explica-se todo o processo de síntese proteica.

Fonte: Autores (2021).

A partir desses dados, pode-se constatar que a videoaula com menor duração foi a mais acessada (V01), corroborando com as pesquisas de Meseguer-Martinez et al., (2016) e Nagumo et al., (2020), os quais também evidenciaram que a *web* é um meio apropriado para audiovisuais curtos. Diferente das aulas presenciais, nas quais há a participação dos alunos e pode existir contratempus, é indicado que as videoaulas possuam curta duração. Assim, é importante que o conteúdo seja condensado e abordado de maneira clara e objetiva (Barros & Lazari, 2020).

De acordo com as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) (BRASIL, 2006, p. 59), ao trabalhar o conteúdo de síntese de proteínas, o professor deve fazer com que o aluno entenda e consiga

“estabelecer relação entre DNA, código genético, fabricação de proteínas e determinação das características dos organismos”. Nesse contexto, observou-se que todas as videoaulas analisadas conseguiram alcançar o que foi proposto pelo PCN+, uma vez que foi possível entender o básico do processo de síntese proteica e relacioná-lo à expressão fenotípica nos seres vivos. No entanto, o propósito desse trabalho é fazer uma análise que vai além do conteúdo explicado nas videoaulas, tomando como base os princípios da TCAM mencionados anteriormente, com o intuito de avaliar a eficácia dessas videoaulas para a aprendizagem do conteúdo de síntese de proteínas.

3.2 Análise das videoaulas

• Redução do processamento estranho

Princípio de Coerência

Segundo o princípio da coerência, os alunos aprendem melhor quando as informações desnecessárias na forma de imagens, sons e/ou textos são excluídas da multimídia, deixando apenas o conteúdo relevante (Mayer, 2005). Sendo assim, quanto mais simples e objetiva for à apresentação, melhor será a aprendizagem, pois não haverá necessidade de processar sons irrelevantes na memória de trabalho verbal e/ou imagens irrelevantes na memória de trabalho visual (Costa, 2010; A. C. Silva, 2017; K. I. C. Silva, 2017). Quanto a esse princípio, constatou-se que a maioria das multimídias avaliadas possuíam informações irrelevantes como sons, imagens e textos, que podem comprometer o cognitivo do aluno (Quadro 4). Apenas as videoaulas V05 e V08 foram classificadas como satisfatórias, pois estavam de acordo com as premissas do princípio de coerência.

Quadro 4. Desvios de coerência encontrados nas videoaulas analisadas.

VIDEOAULA	DESCRIÇÃO	DESVIO MULTIMÍDIA DE COERÊNCIA
V01	Presença de fundo musical durante toda a videoaula.	- Material estranho.
	Em 00'04''; 00,07''; 00'14''; 00'22''; 00'31''; 00'50''; 01'15''; 01'44''; 01'55''; 02'01'' e 02'36'' as estruturas apresentadas são sinalizadas com palavras em inglês .	- Material estranho.
V02	Presença de fundo musical durante toda a videoaula.	- Material estranho.
	Entre 00'48'' e 02'00''; 02'57'' e 03'28''; 04'23'' e 04'44'' as estruturas apresentadas são sinalizadas com palavras em inglês .	- Material estranho.
	Entre 02'46'' e 3'43''; 04'12'' e 4'44'' aparecem legendas em português e em inglês que não correspondem à narração.	- Material supérfluo.
V03	Presença de fundo musical durante toda a videoaula.	- Material estranho.
	Em 00'48'' aparece o termo “ <i>melanossomos</i> ”, mas o professor não menciona ou explica do que se trata.	- Material supérfluo.
	Entre 01'43'' e 01'56'' aparecem esquemas meramente ilustrativos , que não são explicados.	- Material supérfluo.
	Entre 06'46'' e 06'50'' o professor apresenta a tabela de aminoácidos e comete um equívoco conceitual .	- Material incoerente.
V04	Presença de fundo musical durante toda a videoaula.	- Material estranho.
V06	Entre 02'18'' e 02'37''; 05'58'' e 07'10'' a professora comete equívocos conceituais ao explicar o conteúdo.	- Material incoerente.
V07	Presença de fundo musical durante toda a videoaula.	- Material estranho.

V09	Ao longo da videoaula a oradora cita diversos termos e estruturas que não foram explicadas durante a explanação do conteúdo.	- Material supérfluo.
------------	--	-----------------------

Fonte: Autores (2021).

Alguns desvios foram identificados, como palavras em inglês para sinalizar estruturas ao longo da narração, o que poderia dificultar o entendimento do aluno em V01 e V02. Já nas videoaulas V02, V03 e V09, o narrador apresentou conceitos e estruturas que não foram abordadas e explicadas, sendo considerado algo puramente simbólico ou supérfluo. A adição de palavras em outro idioma e de materiais que não são essenciais para a compreensão do conteúdo tende a gerar um processamento supérfluo que prejudica a aprendizagem uma vez que provoca uma sobrecarga cognitiva (Messer, 2019).

Outro aspecto que deve ser levado em consideração, é que durante a narração houve um fundo musical, que poderia atrapalhar o processo de aprendizagem do estudante nas V01, V02, V03, V04 e V07. Igualmente, Alcântara (2018) destaca a presença de música de fundo como sendo algo negativo durante a sua análise de videoaulas, uma vez que pode ocasionar uma sobrecarga no canal auditivo e comprometer o entendimento do material. Diante disso, outros estudos também mostram que esse tipo de mídia com interação simultânea pode prejudicar o aprendizado (Venegas, 2007; Silva, 2017).

Por fim, nas V03 e V06 foram evidenciados equívocos conceituais durante a narração. Na primeira, o docente mostra um quadro e cita que é possível observar “as trincas de RNAm e as proteínas correspondentes” ao invés de falar “as trincas de RNAm e os aminoácidos correspondentes” e na segunda, a docente explicita que “a síntese de proteínas, que são os ribossomos” ao invés de falar “a síntese de proteínas, que ocorre nos ribossomos”, e “o código genético é representado por símbolos que são palavras que vão determinar a proteína a ser produzida”, ao invés de usar, os termos “bases nitrogenadas” e “trincas”, e ainda “códon do DNA” e “códon do RNA”, ao invés de falar “anticódon do RNA”. Nesse sentido, Amaral e colaboradores (2019) também relatam a presença de equívocos conceituais durante a análise de um vídeo sobre o processo de transcrição e tradução, e enfatizam que isso pode dificultar a compreensão do conteúdo apresentado.

Princípio da Contiguidade Temporal

Esse princípio sugere que os estudantes aprendem melhor quando as palavras e as imagens/animações correspondentes aparecem simultaneamente ao invés de sucessivamente (Mayer, 2005). Quando isso acontece há uma sobrecarga cognitiva menor, já que os dois sentidos, audição e visão, quando usados juntos, facilitam uma conexão entre o texto narrado e a imagem abordada. Sendo assim, a informação verbal e gráfica deve ocorrer o mais sincronicamente possível (Neves, 2015; A. C. Silva, 2017). Nesse caso, todas as videoaulas analisadas foram classificadas como satisfatórias, uma vez que a narração e as imagens foram apresentadas simultaneamente durante a videoaula, o que auxilia no entendimento do aluno.

Princípio da Redundância

O princípio da redundância sugere que os alunos aprendem melhor com animação e narração juntas, sem a adição de texto (Mayer, 2005). A partir do momento que é adicionado o texto escrito, a atenção do estudante é desviada fazendo com que ele sobrecarregue o canal visual, visto que se observa a animação e o texto sincronicamente. Quando o material é apresentado dessa forma, a aprendizagem é prejudicada, ao invés de ser facilitada (Silva, 2017).

Observou-se que a V02 e V08 não apresentam apenas animação e narração, mas possuíam também o texto escrito, ocasionando um desvio multimídia que pode comprometer a aprendizagem do aluno (Mayer, 2005). Dessa forma, ambas foram classificadas como insatisfatórias, pois não atenderam aos requisitos do princípio da redundância. Vale destacar que, a V02 possuía em alguns momentos narração, animação e legenda em dois idiomas diferentes (português e inglês) causando bastante sobrecarga ao campo visual do sujeito. Esses resultados corroboram com a pesquisa de Rodrigues et al., (2019), onde o princípio

da redundância também não foi contemplado durante a análise de videoaulas, visto que havia a presença de texto escrito adicionado a tela. Os mesmos autores ainda enfatizam que é importante evitar a adição de texto para maximizar a aprendizagem do conteúdo. Nesse sentido, a efetividade do aprendizado através de materiais multimídias depende do uso dos canais visual e auditivo de maneira harmônica e complementar, sendo necessário evitar a sobrecarga em algum deles (Messer, 2019).

Princípio da Sinalização

O princípio da sinalização discorre que os alunos aprendem melhor quando a organização do material é explicitada utilizando sinais (Mayer, 2005). Assim, informações importantes devem ser destacadas em negrito, itálico ou sublinhado, cores diferentes, setas e números, visando guiar o estudante ao que é essencial, favorecendo uma organização mental coerente do conteúdo. A ausência de tais sinalizações pode tornar a busca pela informação mais demorada e cansativa (Mayer, 2005; Costa, 2010; Silva, 2017; Silva, 2017).

Durante a análise foi possível observar que as videoaulas V01, V02, V05, V06, V07 e V08, não sinalizavam as estruturas e/ou informações importantes durante a narração, sendo classificadas como insatisfatórias, quanto a esse princípio. Assim como Pereira et al. (2017) e Silva (2015), também evidenciaram em suas pesquisas desvios relacionados a esse princípio, visto que também constataram a ausência de sinalização durante a análise multimídia, tornando o material insatisfatório para a aprendizagem do conteúdo. Por outro lado, Alcântara (2018) apontou em seu trabalho que todas as videoaulas analisadas atenderam as premissas do princípio de sinalização, uma vez que existiam setas que sinalizavam estruturas importantes nas figuras que estavam sendo apresentadas durante a explicação. Quando os pontos chaves do conteúdo não são destacados, guiando o aluno para o que é essencial, o conteúdo pode ficar confuso e comprometer a aprendizagem do aluno. Por isso, é importante que, ao longo da videoaula, tenham “pistas” que explicitem o que é fundamental para a compreensão do conteúdo como um todo (Mayer, 2005).

● Gerenciamento do processamento essencial

Princípio da Modalidade

Esse princípio sugere que os alunos aprendem melhor com imagens e áudio relacionados, do que com imagens e textos escritos (Mayer, 2005). Esse tipo de abordagem facilita a associação e o aprendizado do aluno, pois quando é apresentado texto e animação há uma sobrecarga da visão, o que não acontece quando a imagem é apresentada junto a narrativa, uma vez que são utilizados dois canais diferentes (auditivo e visual), minimizando a sobrecarga de informação em um único canal (Silva, 2017; Silva, 2017). Quanto a esse princípio, todas as videoaulas se mostraram satisfatórias, pois os professores não fizeram uso de textos escritos durante apresentação para substituir a narração. Todas as multimídias possuíam narração junto à animação para explicar o conteúdo.

Princípio do Pré-Treinamento

O presente princípio sugere que os alunos aprendem melhor quando são familiarizados com nomes e características básicas dos conceitos que serão abordados em sala (Mayer, 2005). Assim, o fornecimento destes conceitos prévios contribui para a diminuição da sobrecarga e para a potencialização da aprendizagem, visto que ajuda o estudante a traçar caminhos mentais que o levam a compreender todo o conteúdo que será abordado (Braga, 2018). Nesse sentido, a maioria das videoaulas foram insatisfatórias, visto que não foi apresentado previamente nomenclaturas, características e conceitos chaves antes da explicação do conteúdo. Todavia, V06 e V07 se mostraram satisfatórias em relação a esse princípio, pois nestas, os professores nomearam estruturas e as colocaram em um contexto antes de explicarem os processos, facilitando assim a compreensão do aluno à medida que o conteúdo era apresentado. Na análise multimídia de Alcântara (2018), também foi observado que as videoaulas analisadas

não atenderam as premissas desse princípio. O mesmo autor ainda ressalta a importância do conteúdo ser explicado brevemente antes de ser aprofundado, uma vez que permite que o estudante consiga criar um esquema geral do conteúdo, melhorando o entendimento do tema abordado.

Princípio da Segmentação

Segundo esse princípio os estudantes aprendem melhor quando o conteúdo da videoaula é dividido em partes, ao invés de ser apresentado como um único bloco (Mayer, 2005). Assim, é provável que o aluno consiga organizar as informações essenciais e assimilar melhor o conteúdo, uma vez que é minimizada a sobrecarga cognitiva (Braga, 2018). Entre as videoaulas analisadas V02, V05 e a V07, apresentaram-se insatisfatórias, pois no decorrer da aula os professores abordaram o conteúdo de forma contínua, onde era passado de um tópico para outro sem realizar pausas. Isso corrobora com os achados de Rodrigues, Bossler e Caldeira (2019), onde foi evidenciado que nenhuma das videoaulas analisadas se mostraram satisfatórias em relação a esse princípio. As demais multimídias foram classificadas como satisfatórias, uma vez que o conteúdo foi ministrado em blocos com pausas que ajudam a diminuir a sobrecarga, conforme sugerido por Mayer (2005).

● Promoção do processamento generativo

Princípio da Imagem

Este princípio sugere que os alunos aprendem melhor quando há a figura do orador aparecendo durante toda a multimídia (Mayer, 2005). Logo, o seu aparecimento durante a videoaula remete ao aluno, a presença de um professor/mediador do que está sendo construído/ensinado no material, facilitando a aprendizagem. Em relação a esse princípio apenas a V04 e a V05 foram classificadas como satisfatórias, pois a imagem do professor estava presente na tela durante toda a apresentação do conteúdo, visto que ele está explanando sobre o assunto.

Vale ressaltar que em V02, V06 e V07, a imagem do professor surge em alguns momentos da videoaula, mas fica ausente quando aparece na tela imagens e/ou animações sobre o processo de síntese proteica. Sendo assim, podemos dizer que o princípio foi parcialmente atendido. Já em V01, V03, V08 e V09, a imagem do professor não surge em nenhum momento. Dessa forma, a maioria não atendeu totalmente esse princípio, logo, foram classificadas como insatisfatórias. Esse princípio também não foi atendido nas pesquisas de Silva (2015), Pereira et al. (2017) e Pereira et al. (2018), evidenciando que a ausência da figura do orador em vídeos com fins educacionais é um desvio recorrente durante a análise multimídia.

A presença do orador na tela é muito comum, visto que ele apresenta a aula, mas é recorrente a sua ausência em alguns momentos de vídeos educacionais, principalmente quando é apresentado figuras e animações na tela (Saldanha, 2013). Sobre isso, Silva (2013) e Messer (2019), apontam que ainda se está discutindo se a figura do orador influencia diretamente na aprendizagem, uma vez que isso pode ocasionar um efeito ambíguo. Todavia, Silva (2015) enfatiza que a figura do orador presente em vídeos e videoaulas contribui com a leitura labial para pessoas com deficiência auditiva, tornando o vídeo acessível a esse público, apesar disso, nos trabalhos de Mayer não é abordado aspectos da inclusão (Vieira et al., 2014).

Princípio da Multimídia

O princípio da multimídia sugere que os alunos aprendem melhor quando há imagens associadas às palavras, ao invés de apenas palavras isoladas, especificamente, quando são escolhidas imagens apropriadas para cada momento da narração (Mayer, 2005). A apresentação simultânea de palavras e imagens permite que os estudantes consigam criar conexões entre os modelos mentais visuais e sonoros, integrando-os entre si, o que possibilita uma aprendizagem mais aprofundada (Messer, 2019). Em relação a esse princípio todas as videoaulas analisadas se mostraram satisfatórias, uma vez que apresentavam imagens, figuras, esquemas ou desenhos relacionados ao conteúdo que estava sendo narrado.

Princípio da Personalização

O princípio da personalização discorre que os estudantes aprendem melhor quando o professor utiliza uma linguagem mais coloquial, fugindo de termos técnicos que podem atrapalhar a compreensão do conteúdo (Mayer, 2005). Isso é justificado porque as pessoas tendem a lembrar de informações que possuem referência pessoal como em uma conversa (Kartal, 2010), garantindo uma maior interação entre o professor/narrador e o aluno (Silva, 2013). Assim, todas as videoaulas analisadas foram classificadas como satisfatórias, uma vez que os professores fizeram uso de uma linguagem coloquial, dispensando a formalidade, ao explicar o processo de síntese proteica. Esse resultado corrobora com a pesquisa de Rodrigues, Bossler e Caldeira (2019), onde é possível observar que esse princípio também foi atendido em todas as videoaulas analisadas pelos autores.

Princípio da Voz

De acordo com esse princípio, as pessoas aprendem melhor quando as palavras são narradas por uma voz humana, ao invés de uma voz computadorizada (Mayer, 2005; Mayer & Dapra, 2012). Isso é justificado porque a voz humana oferece uma sensação de presença social e estimula uma resposta no cérebro, impactando diretamente a qualidade da aprendizagem (Neves, 2015; A. C. Silva, 2017; Messer, 2019). Por isso, a utilização desse recurso narrativo deve ser priorizada durante as confecções de vídeos com propósito pedagógico. Sendo assim, todas as multimídias foram classificadas como satisfatórias, pois foram narradas por voz humana.

Por fim, entre as videoaulas analisadas, nenhuma se apresentou totalmente satisfatória, obedecendo a todos os princípios estabelecidos pela TCAM. No Quadro 5, é possível observar um resumo dos resultados obtidos, onde é destacado os princípios aos quais cada videoaula foi classificada como insatisfatória.

Quadro 5. Síntese das análises das videoaulas sobre síntese proteica.

PRINCÍPIOS DA TCAM	VIDEOAULAS ANALISADAS									
	V01	V02	V03	V04	V05	V06	V07	V08	V09	Total
Coerência	*	*	*	*		*	*		*	7
Contiguidade temporal										0
Redundância		*						*		2
Sinalização	*	*			*	*	*	*		6
Modalidade										0
Pré-treinamento	*	*	*	*	*			*	*	7
Segmentação		*			*		*			3
Imagem	*	*	*			*	*	*	*	7
Multimídia										0
Personalização										0
Voz										0
Total	4	6	3	2	3	3	4	4	3	32

Fonte: Autores (2021).

A partir do quadro acima, a V02 foi considerada a videoaula com maior número de desvios, sendo insatisfatória em relação a seis dos onze princípios analisados. Vale ressaltar que, ainda que apresentando desvios em 6 princípios, ela foi classificada como a segunda mais acessada. Enquanto a V04, foi considerada a mais próxima do ideal para contribuir de forma satisfatória no aprendizado de síntese proteica, uma vez apresentou apenas dois desvios.

Ainda no quadro 5, é possível observar que todas elas se mostraram satisfatórias em relação a cinco dos onze princípios da TCAM, que foram levados em consideração para a análise, são eles: multimídia, contiguidade temporal, modalidade, personalização e voz. Além disso, vale destacar que desvios nos princípios de coerência, pré-treinamento e imagem foram os mais recorrentes, estando presente em sete das nove videoaulas submetidas à análise.

4. Conclusão

Os professores de Biologia enfrentam dificuldades ao trabalhar conteúdos abstratos em suas aulas. Uma alternativa para atenuar a abstração e auxiliar na aprendizagem dos estudantes é a utilização de recursos gratuitos disponíveis na Internet, como as videoaulas. No entanto, é necessário analisar a multimídia e avaliar todas as suas potencialidades antes de utilizá-la, pois alguns desses materiais disponíveis na plataforma *YouTube* podem apresentar desvios multimídias pela análise através dos princípios da TCAM, dificultando o aprendizado do aluno.

Em relação aos princípios multimídias, o estudo constatou que desvios de coerência, pré-treinamento e imagem foram os mais recorrentes nas videoaulas. Isso foi evidenciado pela presença de fundo musical e/ou a presença de objetos estranhos ao cognitivo do aluno, como palavras e imagens que não se encaixavam no contexto. Além disso, não foram apresentados aos estudantes conceitos e características importantes para subsidiar a explicação de processos complexos. O que pode ser justificado porque as videoaulas escolhidas possuem no máximo 10 minutos de duração, podendo representar um impasse para alguns professores na hora de confeccionar um material curto e prático.

Quanto ao princípio de imagem, a figura do professor não foi adicionada à tela da videoaula durante toda a apresentação do conteúdo. Tal ocorrido pode ser explicado pela limitação da plataforma utilizada para confeccionar a videoaula, que muitas vezes não permite essa associação ou na habilidade do professor/narrador em usar o recurso digital e projetar sua imagem, figuras/animações e narração simultaneamente. Em relação aos demais princípios é importante ressaltar que o de sinalização foi o segundo princípio com maior frequência de classificação insatisfatória, no qual seis videoaulas apresentaram desvios por não destacarem informações relevantes para guiar a atenção do aluno ao longo da apresentação. Além disso, desvios nos princípios de segmentação e redundância também foram encontrados, em três e duas videoaulas, respectivamente.

Diante disso, é importante que os professores ao prepararem videoaulas e disponibilizarem em sites e plataformas utilizem algum aporte teórico que orientem na produção do material multimídia, visando que esse recurso facilitador auxilie na compreensão de novos conteúdos, e seja uma forma de desburocratizar o acesso a diversos conteúdos, ao invés de criar obstáculos e dúvidas no processo de ensino e aprendizagem. A TCAM pode ser um modelo para a produção e análise de material multimídia com fins educacionais, explorando as potencialidades desse recurso como uma ferramenta eficiente, e que contribui para uma melhor aprendizagem.

Assim, os professores de Biologia podem utilizar os princípios da TCAM propostos por Mayer e os critérios descritos no presente trabalho para analisar videoaulas que serão utilizadas para fins educacionais, evitando assim, a seleção de multimídias com equívocos ou que possam gerar óbices na aprendizagem do conteúdo apresentado. No entanto, são necessários estudos posteriores, os quais possam explorar mais essa proposta de análise e contribuir com novas informações, visando melhor atender à necessidade do estudante e o processo de ensino-aprendizagem.

Por fim, nenhuma videoaula foi considerada uma ferramenta pedagógica totalmente satisfatória segundo os princípios do TCAM, o que implica numa reflexão sobre a importância de se analisar essas produções audiovisuais disponibilizadas ao público, antes de utilizá-las para fins educacionais ou indicá-las como material de apoio para os estudos.

Referências

- Alberts, B., Bray, D., Hopkin, K., Johnson, A., Lewis, J., Raff, M., & Walter, P. (2011). *Fundamentos da Biologia Celular* (3a ed), Artmed.
- Alberts, B., Johnson, A., Lewis, J., Morgan, D., Raff, M., Roberts, K., & Hunt, T. (2017). *Biologia Molecular da célula* (6a ed). Artmed.
- Alcântara, L. F. M. (2018) *Análise de videoaulas de embriologia do “YouTube” como recurso pedagógico: Uma avaliação baseada na teoria cognitiva da aprendizagem multimídia*. (Trabalho de Conclusão de Curso). Graduação em Licenciatura em Ciências Biológicas, Universidade Federal de Pernambuco, Vitória de Santo Antão, PE. <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/28895/1/Alc%20a2ntara%2c%20Lucas%20Felipe%20de%20Melo.pdf>
- Almeida, R. R., Chaves, A. C. L., Coutinho, F. Â., & Araújo Júnior, C. F. de (2014). Avaliação de objetos de aprendizagem sobre o sistema digestório com base nos princípios da Teoria Cognitiva de Aprendizagem Multimídia. *Ciência & Educação*, 20(4), 1003-1017. <https://doi.org/10.1590/1516-73132014000400015>
- Amaral, J. M. A. do, Carvalho, M. E. A. de, Silva, A. T. M. da, Santos, K. F. dos, & Neves, R. F. das (2019). Análise multimídia de um vídeo sobre os processos de transcrição e tradução. In *Anais do IV Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências* (p.1-10). Campina Grande, Paraíba, Brasil. https://editorarealize.com.br/editora/anais/conapesc/2019/TRABALHO_EV126_MD1_SA7_ID807_01072019150917.pdf
- Aranha, C. P., Sousa, R. C. de, Bottentuit Junior, J. B., Rocha, J. R., & Silva, A. F. G. (2019). O YouTube como Ferramenta Educativa para o ensino de ciências. *Olhares & Trilhas*, 1(1), 20-25. 10.14393/OT2019v21.n.1.46164
- Barros, E. M. D. de, & Lazari, P. D. S. S. de (2020). Ensino remoto emergencial: uma experiência com a didatização do gênero ‘documentário’. *Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico (EDUCITEC)*, 6, 1-22. <https://doi.org/10.31417/educitec.v6.1540>
- Brasil. (2017). *Base Nacional Comum Curricular: Educação é a Base*. Ministério da Educação.
- Brasil. (2006). *Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+): Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: Ministério da Educação.
- Brasil. (1997). *Parâmetros Curriculares Nacionais Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias*. Brasília: Ministério da Educação.
- Borges, T. S., & Alencar, G. (2014). Metodologias ativas na promoção da formação crítica do estudante: o uso das metodologias ativas como recurso didático na formação crítica do estudante do ensino superior. *Cairu em revista*, 3(4), 119-143. https://www.cairu.br/revista/arquivos/artigos/2014_2/08%20METODOLOGIAS%20ATIVAS%20NA%20PROMOCAO%20DA%20FORMACAO%20CRITICA%20DO%20ESTUDANTE.pdf
- Braga, A. N. (2018). *A Teoria cognitiva da aprendizagem multimídia e o desenvolvimento de atividades de alfabetização matemática*. (Dissertação de Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Docência em Educação em Ciências e Matemáticas, Universidade Federal do Pará, Belém, PA. <http://repositorio.ufpa.br/handle/2011/12186>
- Carvalho, J. C. Q. de, Beltramini, L. M., Santos Abel, L. D. de, & Bossolan, N. R. S. (2014). “Sintetizando Proteínas”, o jogo: proposta e avaliação de uma ferramenta educacional. *Revista de Ensino de Bioquímica*, 12(1), 48-61. 10.16923/reb.v12i1.328
- Costa, F. D. J. (2010). *O uso de imagens e palavras com base na teoria da carga cognitiva: elaboração de material de apoio para o professor*. (Dissertação de Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG. Recuperado de http://www.biblioteca.pucminas.br/teses/EnCiMat_CostaFJ_1.pdf
- Ferreira, B. E. B. (2019). *O uso do YouTube no contexto escolar: Em que medida essa plataforma pode ser um recurso pedagógico?* (Trabalho de Conclusão de Curso). Graduação em Pedagogia, Universidade Federal de Ouro Preto, Mariana, MG. Recuperado de <https://200.239.128.125/handle/35400000/2428>
- Fontes, G. O., Chapani, D. T., & Souza, A. L. B. de (2013). 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*, 8(1), 47-60. https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID197/v8_n1_a2013.pdf
- Gregório, E. A., Oliveira, L. G. de, & Matos, S. A. de (2016). Uso de simuladores como ferramenta no ensino de conceitos abstratos de biologia: uma proposição investigativa para o ensino de síntese proteica. *Experiências em Ensino de Ciências*, 11(1), 101-125. <https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/550>
- Guerch, C. A. (2017). Teoria da Carga Cognitiva e Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia: Como utilizar ferramentas web na produção de materiais didáticos? In *Anais do XIII Congresso Nacional de Educação* (p. 21401-21410). Curitiba, Paraná, Brasil. https://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2017/25739_13137.pdf
- Kartal, G. (2010). Does Language Matter in Multimedia Learning? Personalization Principle Revisited. *Journal of Educational Psychology*, 102(3), 615-624. <https://doi.org/10.1037/a0019345>
- Martins, G., Conceição Galego, L. G. da, & Araújo, C. H. M. de (2017). Análise da produção de vídeos didáticos de Biologia Celular em stop motion com base na Teoria Cognitiva de Aprendizagem Multimídia. *Revista brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, 10(3), 185-205. 10.3895/rbect.v10n3.5060
- Mayer, R. E. (2005). *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. Cambridge University Press.

- Mayer, R. E., & DaPra, C. S. (2012). An embodiment effect in computer-based learning with animated pedagogical agents. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 18(3), 239-252. <https://doi.org/10.1037/a0028616>
- Mayer, R. E., & Moreno, R. (2002). Aids to computer-based multimedia learning. *Learning and Instruction*, 12(1), 107–119. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(01\)00018-4](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(01)00018-4)
- Mayer, R. E., & Moreno, R. (2003). Nine ways to reduce cognitive load in multimedia learning. *Educational Psychologist*, 38(1), 43-52. https://doi.org/10.1207/S15326985EP3801_6
- Mendes, M. A. D. A. (2010). *Produção e utilização de animações e vídeos no ensino de biologia celular para a 1ª série do ensino médio*. (Dissertação de Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, Universidade de Brasília, Brasília, DF. <https://repositorio.unb.br/handle/10482/9029?mode=simple>
- Meseguer-Martinez, A., Ros-Galvez, A., & Rosa-Garcia, A. (2016). Satisfaction with online teaching videos: A quantitative approach. *Innovations in Education and Teaching International*, 62-67. <https://doi.org/10.1080/14703297.2016.1143859>
- Messer, A. T. (2019). *“Aprendi no YouTube”: Investigação sobre estudar matemática com videoaulas*. (Tese de Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ. <http://www.unirio.br/institucional-1/ppgedu/TesePPGEduAndraTheesMesser.pdf>
- Minayo, M. C. S. (2009). *Pesquisa Social: Teoria, método e criatividade*. Vozes
- Moran, J. (2017). *Metodologias ativas e modelos híbridos na educação*. In: Novas Tecnologias Digitais: Reflexões sobre mediação, aprendizagem e desenvolvimento. CRV.
- Nagumo, E., Teles, L. F., & Almeida Silva, L. de (2020). A utilização de vídeos do Youtube como suporte ao processo de aprendizagem (Using Youtube vídeos to support the learning process). *Revista Eletrônica de Educação*, 14, 1-12. <https://doi.org/10.14244/198271993757>
- Neves, R. F. das (2015). *Abordagem do conceito de célula: uma investigação a partir das contribuições do Modelo de Reconstrução Educacional (MRE)*. (Tese de Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE. <http://www.tede2.ufrpe.br:8080/tede2/handle/tede2/5352#preview-link0>
- Neves, R. F. das, Anjos Carneiro-Leão, A. M. dos, & Ferreira, H. S. (2016). A imagem da célula em livros de Biologia: uma abordagem a partir da teoria cognitivista da aprendizagem multimídia. *Investigações em Ensino de Ciências*, 21(1), 94-105. <http://dx.doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2016v21n1p94>
- Nicola, J. A., & Paniz, C. M. (2016). A importância da utilização de diferentes recursos didáticos no ensino de ciências e biologia. *Rev. NEAD-Unesp*, 2(1), 355-381. <https://ojs.ead.unesp.br/index.php/nead/article/view/infor2120167>
- Oliveira, N. M. de, & Dias Júnior, W. (2012). O uso do vídeo como ferramenta de ensino aplicada em biologia celular. *Enciclopédia biosfera*, 8(14), 1788-1809. <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2012a/humanas/o%20uso.pdf>
- Oliveira, P. P. M. (2016). O YouTube como ferramenta pedagógica. In *Anais do Simpósio Internacional de Educação à Distância* (p. 1-14). São Carlos, São Paulo, Brasil. <http://www.sied-enped2016.ead.ufscar.br/ojs/index.php/2016/article/view/1063/486>
- Pereira, M. G., Silva, A. A. S., Silva, C. M. da, Soares da Silva, M. das, & Neves, R. F. das (2018). Análise de um vídeo acerca da replicação do DNA sob a perspectiva da TCAM. In *Anais do V Congresso Internacional das Licenciaturas* (p. 1-11). João Pessoa, Paraíba, Brasil. <https://cointer.institutoidv.org/inscricao/pdvl/uploadsAnais/AN%C3%81LISE-DE-UM-V%C3%8DDEO-ACERCA-DA-REPLICA%C3%87%C3%83O-DO-DNA-SOB-A-PERSPECTIVA-DA-TCAM.pdf>
- Pereira, M. G., Silva, A. A. S., Silva, C. M., Sousa, R. K. S., & Neves, R. F. (2017). Análise multimídia de um vídeo sobre a divisão celular. In *Anais do IV Congresso Nacional de Educação* (p.1-11). João Pessoa, Paraíba, Brasil. <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/35836>
- Ramos, L. D. L., Pereira, A. C., & Silva, M. A. D. da (2019). Vídeo como ferramenta de ensino em cursos de saúde. *Journal of Health Informatics*, 11(2), 35-39. <http://www.jhi-sbis.saude.ws/ojs-jhi/index.php/jhi-sbis/article/view/601>
- Rojas, C. F. U., & Spinillo, C. G. (2019). Animações multimídia sobre alimentação e nutrição: Um estudo sobre a compreensão por agentes comunitários de Curitiba. In *Anais do 9º Congresso Internacional de design da informação* (p. 963-974). Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. <http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/designproceedings/9cidi/2.0216.pdf>
- Rodrigues, L. S., Bossler, A. P., & Caldeira, P. Z. (2019). Comunicação Educativa–Parte I: análise de videoaulas nas perspectivas da Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia e do Modelo de Elementos da Análise do Discurso. *Brazilian Journal of Development*, 5(11), 27735-27750. <https://doi.org/10.34117/bjdv5n11-369>
- Saldanha, L. C. D. (2013). A teleaula em questão. *#Tear: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia*, 2(2), 1-13. <https://doi.org/10.35819/tear.v2.n2.a1812>
- Santos, J. A. D. S., Lima, W. S. de, & Silva, M. G. A. da (2020). O uso de vídeos ilustrativos no processo de assimilação e fixação dos conteúdos, nas aulas de Ciências nas séries iniciais. *Diversitas Journal*, 5(2), 1223-1233. <https://doi.org/10.17648/diversitas-journal-v5i2-811>
- Silva, A. C. da (2017). Resenha do livro: Aprendizagem Multimídia. *Ens. Pesqui. Educ. Ciênc.*, 19, 1-4. <https://doi.org/10.1590/1983-21172017190135>
- Silva, A. X. da (2015). *Análise imagética do conceito de células em vídeos do “You Tube” e suas implicações para a aprendizagem*. (Trabalho de Conclusão de Curso). Graduação em Licenciatura em Ciências Biológicas, Universidade Federal de Pernambuco, Vitória de Santo Antão, PE. <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/29484/1/SILVA%2C%20Angelina%20Xavier%20da.pdf>
- Silva, A. X. da, Silva, A. T. M. da, Silva, R. A. da, & Neves, R. F. das (2022). Aplicação da teoria de Mayer na análise de mídias em vídeos no “YouTube” sobre célula. *Revista Ciências & Ideias*, 13(1), 15-35. <http://dx.doi.org/10.22407/2176-1477/2022.v13i1.1602>

- Silva, K. I. C. (2017). *Crêterios informacionais para elabora o de conteúdo instrucional para a web com base nos princípios de aprendizagem multimídia*. (Disserta o de Mestrado). Programa de Pós-Gradua o em Ciência da Informa o, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ. <https://ridi.ibict.br/bitstream/123456789/938/1/Dissertacao-KarlaCorvino-2017.pdf>
- Silva, M. J. da, Pereira, M. V., & Arroio, A. (2017). O papel do YouTube no ensino de ciências para estudantes do ensino médio. *Revista de Educa o, Ciências e Matemática*, 7(2), 35-55. <http://publicacoes.unigranrio.edu.br/index.php/recm/article/view/4560>
- Silva, M. P. O. da (2016). *Youtube, juventude e escola em conexão: A produ o da aprendizagem ciborborgue*. (Disserta o de Mestrado). Programa de Pós-Gradua o em Educa o, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG. https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUBD-ADUKYJ/1/disserta_o_marco_polo_youtube_juventude_e_escola.pdf
- Silva, R. R. da (2013). *A transposi o com expansão do conteúdo do livro didático de matemática para o tablet na perspectiva da teoria cognitiva de aprendizagem multimídia*. (Disserta o de Mestrado). Programa de Pós-Gradua o Multiunidades em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP. <https://core.ac.uk/download/296873501.pdf>
- Siqueira, F. S., Borges, J. S., Carvalho, P. G., Ladeira, F. D., & Moraes, K. S. M. (2010). Brincando com as Trincas. *Genética na Escola*, 5(2), 34-37. https://www.geneticanaescola.com/_files/ugd/b703be_e2776cec2f864890bc0270e232784ec3.pdf
- Sousa, A. S. de (2019). *Análise de jogos e modelos didáticos no ensino de biologia, associados   aula expositiva dialogada na área de citologia*. (Disserta o de Mestrado). Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional - PROFBIO. Universidade Estadual do Piaul, Teresina, PI. https://www.profbio.ufmg.br/wp-content/uploads/2020/12/TCM_ANTONIO-SERGIO.pdf
- Venegas, I. L. (2007). Acercamiento al aprendizaje multimedia. *Ciencias Sociales y Humanidades*, 6(6), 7-14. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2695335>
- Viégas, S. G. P. (2018). *Produ o de Videoaulas para o Youtube*. (Trabalho de Conclusão de Curso). Especializa o em M dias na Educa o, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/203892>
- Vieira, M. C., Corrêa, Y., Cheiran, J. F. P., Santarosa, L. M. C., & Biasuz, M. C. V. (2014). Contribui es da Teoria da Aprendizagem Multimídia e da Usabilidade para aprendizagem de Libras e Língua Portuguesa por meio de aplicativos móveis. *RENOTE*, 12(2), 1-10. <https://www.seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/53451/33010>
- Vieira, M. E. D. M. (2018). *Investigando o uso de vídeos de Biologia no YouTube por estudantes do Ensino Médio*. (Trabalho de Conclusão de Curso), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/192268/TCC%20Maria%20Eduarda%20CCB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vigario, A. F., & Cicillini, G. A. (2019). Os saberes e a trama do ensino de Biologia Celular no nível médio. *Ciência & Educa o*, 25(1), 57-74. <https://doi.org/10.1590/1516-731320190010005>