

AVALIAÇÃO DE OBJETOS DE APRENDIZAGEM (OA) SOBRE EVOLUÇÃO BIOLÓGICA (EB) A PARTIR DA TEORIA DA CARGA COGNITIVA (TCC)¹

EVALUATION OF LEARNING OBJECTS ABOUT BIOLOGICAL EVOLUTION FROM THE COGNITIVE LOAD THEORY

EVALUACIÓN DE OBJETOS DE APRENDIZAJE SOBRE LA EVOLUCIÓN BIOLÓGICA A PARTIR DE LA TEORÍA DE LA CARGA COGNITIVA

Tereza Cristina Lima Portela², Mário César Amorim de Oliveira³

Resumo

A Evolução Biológica (EB) constitui um eixo integrador dos conhecimentos biológicos produzidos pelos demais campos da Biologia; contudo, pesquisas apontam para a dificuldade do seu ensino e um déficit na sua aprendizagem. A Teoria da Carga Cognitiva (TCC) pode orientar tanto a elaboração de melhores recursos didáticos, que efetivamente contribuam para o processo de ensino-aprendizagem, quanto a construção de instrumentos para avaliar pedagogicamente tais recursos. Desse modo, o objetivo dessa pesquisa foi avaliar o potencial pedagógico de Objetos de Aprendizagem (OA) relacionados à EB a partir de alguns efeitos da TCC. Os 14 OAs relacionados à EB foram retirados do Banco Internacional de Objetos Educacionais (BIOE) e avaliados a partir dos efeitos da atenção dividida, modalidade, redundância e elementos isolados, tendo-se mostrado adequados para utilização no ensino-aprendizagem de EB e potencialmente promissores no contexto de ensino remoto e/ou de educação à distância.

Palavras-chaves: Ensino de Biologia. TIC. Recurso Didático.

Abstract

Biological Evolution is an integrating axis of biological knowledge produced by other fields of Biology; however, research points to the difficulty of teaching and a deficit in learning this subject. The Cognitive Load Theory (CBT) can guide both the development of better teaching resources, which effectively contribute to the teaching-learning process, and the construction of instruments to pedagogically evaluate such resources. Thus, the objective of this research was to evaluate the pedagogical potential of learning objects (LOs) related to Biological Evolution from some effects of CBT. The 14 LOs related to Evolution were taken from the International Bank for Educational Objects (BIOE) and evaluated based on the effects of divided attention, modality, redundancy and isolated elements, having been shown to be suitable for use in the teaching and learning of Evolution and potentially promising in the context of remote teaching and/or distance learning.

Keywords: Biology teaching. ICT. Didactic Resource.

¹ Este trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - Código de Financiamento 001.

² Mestra em Ensino de Biologia - Universidade Estadual do Ceará (UECE). Fortaleza, CE - Brasil. Professora da Educação Básica na Rede Pública Estadual do Ceará (SEDUC-CE). Fortaleza, CE - Brasil.

E-mail: telportela@gmail.com

³ Doutorando em Ensino, Filosofia e História das Ciências (UFBA/UEFS). Professor de Licenciatura em Ciências Biológicas - Faculdade de Educação de Itapipoca (FACEDI), campus da Universidade Estadual do Ceará (UECE) e do Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional (UECE). Fortaleza, CE - Brasil.

E-mail: mario.amorim@uece.br

Submetido em: 02/09/2020 - **Aceito em:** 24/09/2020



Resumen: La Evolución Biológica (EB) es un eje integrador del conocimiento biológico producido por otros campos de la Biología; sin embargo, las investigaciones apuntan a la dificultad de enseñar y un déficit en el aprendizaje. La Teoría de la Carga Cognitiva (CBT) puede orientar tanto el desarrollo de mejores recursos didácticos, que contribuyan efectivamente al proceso de enseñanza-aprendizaje, como la construcción de instrumentos para evaluar pedagógicamente dichos recursos. Así, el objetivo de esta investigación fue evaluar el potencial pedagógico de los Objetos de Aprendizaje (OA) relacionados con la EB a partir de algunos efectos de la TCC. Los 14 OA relacionados con la EB fueron tomados del Banco Internacional de Objetos Educativos (BIOE) y evaluados en base a los efectos de la atención dividida, modalidad, redundancia y elementos aislados, habiendo demostrado ser aptos para su uso en la enseñanza y aprendizaje de la EB y potencialmente prometedores en el contexto del aprendizaje a distancia.

Palabras clave: Enseñanza de la biología. TIC. Recurso didáctico.

1 Considerações Iniciais

As Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) estão presentes em todos os setores da sociedade. O uso de dispositivos eletrônicos (como computadores, *tablets* e *smartphones*) e da rede mundial de computadores (internet) já faz parte do cotidiano de grande parte da população. Desde meados de 1990, observamos nossas vidas serem facilitadas e transformadas por esses aparelhos e a educação, entendida como um processo sociocultural, certamente não ficaria alheia a essas mudanças.

Segundo o Censo Escolar da Educação Básica (2018), realizado pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP, 2019), 79,9% das escolas de ensino médio brasileiro possuem laboratório de informática. Isso é um indicativo de que atualmente o espaço escolar possibilita a utilização das TICs como recursos no processo de ensino-aprendizagem, cuja contribuição para o incremento na qualidade da educação é apontada pela Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura (UNESCO, 2018).

No conjunto das TICs, um recurso com grande potencial educacional é o Objeto de Aprendizagem (OA) disponibilizado em bancos digitais específicos ou em plataformas de educação à distância (EaD). Objetos de Aprendizagem - OAs (*Learning Objects – LOs*) são recursos utilizados para promover aprendizagem e estão inseridos no amplo campo da aprendizagem eletrônica – *e-learning* (CHRISTUDAS *et al*, 2018), que incluem, além de OAs, outros recursos como as plataformas de gerenciamento de aprendizagem online, como o *Moodle* ou o *Google Classroom*, os quais, nesses tempos de pandemia de COVID-19, praticamente se popularizaram entre educadores brasileiros (SANTOS JÚNIOR; MONTEIRO, 2020).

Os OAs são de variados tipos. Há aqueles em formato de jogos, os que simulam situações, as animações, os hipertextos (em que o aluno pode interagir com o texto), os vídeos, os que apresentam apenas imagens ou áudio, entre outros. A potencial eficácia da

“gamificação” (termo que remete a “game” = jogo, referindo-se à utilização de jogos no contexto de dinâmicas de grupo) na educação tem sido corroborada pela pesquisa educacional (por ex., POONDEJ; LERDPORNKULRAT, 2016). Avaliações também têm sido feitas de OAs de animação e simulação (ALMEIDA *et al*, 2014; WARMLING *et al*, 2016).

Entretanto, é importante salientar que o uso pedagógico de OAs, por si só, não eleva a qualidade do ensino ou facilita o processo de aprendizagem. Almeida *et al*. (2014) afirmam que muitas vezes as tecnologias são aplicadas sem estudos prévios que investiguem suas contribuições ao processo de ensino-aprendizagem. Para Godoi e Padovani (2002, p. 13), “o uso de um sistema de baixa qualidade pode afetar, de maneira desfavorável, a aprendizagem”. Não se pode cometer o erro de transferir o método tradicional de ensino, no que tange às relações entre Professor-Conteúdo-Alunos, da lousa para a tela do computador. De modo que advogamos a favor da necessidade da avaliação dos OAs, a partir de critérios pedagógicos, possibilitando a mensuração da contribuição desses recursos ao processo de ensino-aprendizagem dos conteúdos conceituais biológicos. Triana-Muñoz, Ceballos-Londoño e Villa-Ochoa (2016, p. 168, tradução nossa) defendem a necessária (re)formulação de instrumentos de avaliação de OAs que integrem “abordagens técnica, pedagógica, conceitual e didática para uma área e conteúdo específico”.

Teorias sobre o processo de ensino-aprendizagem nos auxiliam a compreender como ocorre a aquisição de conhecimentos e podem orientar docentes no planejamento de estratégias pedagógicas. A Teoria da Carga Cognitiva (TCC), elaborada pelo psicólogo australiano John Sweller e colaboradores, trata do processo de aquisição do conhecimento pela mente, baseando-se na arquitetura cognitiva humana, abordando especificamente as limitações da memória de trabalho (LOW, SWELLER, 2017). Considerando que a TCC pode oferecer parâmetros e critérios para a avaliação de recursos didáticos, a pesquisa relatada nesse texto consistiu em avaliar OAs relacionados à Evolução Biológica (EB), que é um tema central na Biologia e cujo entendimento se faz necessário para que toda a Biologia faça sentido (FUTUYMA, 2002).

Todavia, esse tema é complexo e cercado por polêmicas (BIDINOTO, 2015). Entendemos que vários fatores contribuem para tornar complexa a tarefa de ensinar EB, de modo que, buscando facilitar e tornar mais significativa sua aprendizagem pelos alunos, procuramos em OAs de animação/simulação a possibilidade de apresentar conceitos relacionados à EB de forma menos abstrata. Ao identificarmos os OAs mais adequados para o que procurávamos, começamos a questionar se eles realmente facilitariam a aprendizagem dos conteúdos conceituais pelos alunos ou se seriam somente um substituto, sem adicionar vantagens, ao livro didático ou à aula expositiva.

Almeida *et al* (2014, p.77) afirmam que “são poucas as pesquisas que se ocupam exclusivamente da avaliação dos objetos, o que pode estar relacionado ao uso recente desses recursos digitais no contexto da sala de aula”. Afirmam ainda que, no Brasil, não há uma padronização da avaliação pedagógica de OAs e que também não existe uma tendência única,

sendo as estratégias avaliativas muito diversificadas. Nesse contexto, verificamos que a Teoria da Carga Cognitiva (TCC), baseada na arquitetura cognitiva humana, pode oferecer uma boa fundamentação teórica para a avaliação pedagógica de Objetos de Aprendizagem (OA) relacionados à Evolução Biológica (EB), a fim de verificar se excedem ou não a carga cognitiva máxima para a aprendizagem, podendo ser, ou não, considerados adequados para serem utilizados como recursos didáticos nesse contexto.

Assim, o objetivo da investigação relatada nesse texto foi **avaliar o potencial pedagógico de Objetos de Aprendizagem (OA) relacionados à Evolução Biológica (EB) a partir de alguns efeitos da Teoria da Carga Cognitiva (TCC)**. Em trabalho anterior (TEXTO DOS AUTORES, 2019), apresentamos os principais aspectos da TCC e propusemos a elaboração do instrumento de avaliação de OAs que utilizamos nessa investigação. Nesse texto, discutiremos as nuances do ensino de EB no Brasil; em seguida, abordaremos os OAs e a TCC e, por fim, discutiremos alguns resultados da avaliação dos OAs para o ensino de EB.

2. Evolução Biológica (EB) no Ensino Médio

A abordagem histórica e filosófica dos assuntos relacionados à Evolução Biológica (EB) é apontada, pelos documentos oficiais da educação brasileira, como de importância fundamental para o crescimento do estudante como um cidadão atuante, seja em sua região ou a nível global. Perceber a transitoriedade dos conhecimentos científicos e desmistificar a visão de que a ciência trabalha com verdades absolutas é importante para o cidadão compreender o papel que a ciência tem na sociedade e apoiá-la. O apoio do cidadão à ciência não deve ser cego, mas consciente de seu papel crítico. A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) indica como o tema “Vida e Evolução” pode atuar auxiliando o estudante a “reconhecer as potencialidades e limitações das Ciências da Natureza e suas Tecnologias” (BRASIL, 2018, p. 548). Ao estudar EB, o aluno também aprende a “valorizar e utilizar os conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico, social, cultural e digital para entender e explicar a realidade, continuar aprendendo e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva” (BRASIL, 2018, p.9), uma das competências gerais da educação básica.

A temática deve ser abordada durante todo o Ensino Médio, visto sua centralidade no desenvolvimento da Biologia enquanto ciência autônoma (MAYR, 2005, 2008) e sua importância para o entendimento dos conhecimentos biológicos. “Os cientistas costumam dizer que a biologia evolutiva é o eixo transversal que percorre todas as áreas das ciências biológicas, atingindo inclusive alguns segmentos das ciências exatas e humanidades” (TIDON, VIEIRA, 2009, p. 1). Bizzo e El-Hani (2009) compartilham dessa visão e defendem que o ensino de EB não deveria ser deixado apenas para as etapas finais do currículo do ensino médio. É um tema de fundamental importância, não somente por suas características únicas, que perpassa todos os outros temas, sem se diluir, mas como base para o entendimento do todo, como linha de costura que une toda a Biologia, apesar de, como denunciam Castro, Oliveira e Leyser (2010), esse não ser um pensamento comum entre professores de Biologia em formação inicial.

Muitos estudantes apresentam pensamentos equivocados sobre as ideias evolutivas e muitos estudos indicam problemas relacionados à compreensão das teorias relacionadas à EB (ZAMBERLAN; SILVA, 2009; REIS et al, 2017), por isso a importância de refletir sobre a forma de apresentação desse assunto. Além de todas as dificuldades inerentes ao ensino de EB, relacionadas à complexidade do assunto e de sua compreensão, percebem-se atualmente iniciativas com objetivo de minar não apenas a EB, como a ciência e a legitimidade de seus conhecimentos. São recorrentes as tentativas de algumas denominações neopentecostais de impor sua visão de mundo religiosa, a partir da inserção de explicações criacionistas para a Origem da Vida e a Diversidade Biológica no ensino de Ciências e Biologia (MARTINS, 2001; SELLES, 2016).

Com a crítica, não pretendemos questionar o papel das crenças religiosas na formação humana, que pode inclusive ter a contribuição da educação escolar, a partir do componente curricular do Ensino Religioso na atual BNCC. Entretanto, advogamos que a inserção de explicações religiosas no currículo de ciências, seja travestido de cientificidade (como propõem os defensores do Design Inteligente e do Criacionismo Científico) ou não, é que descaracteriza tanto as crenças religiosas quanto o conhecimento científico. Gould (1997, 2002a) já argumentou, a partir da ideia dos ‘magistérios não-interferentes’, que tanto a ciência quanto a religião têm seus espaços de legitimidade de produção de conhecimento e de magistério.

Diante de um cenário educacional em que muito ainda precisa ser construído e em que energia precisa ser dispendida para tentar resistir aos retrocessos, os conhecimentos acerca da Biologia Evolutiva, que ainda encontram pouco espaço e tempo de estudo nos currículos escolares, estão ameaçados. (ARAÚJO, 2017, p. 14)

Ao contrário do disseminado pelo senso comum, a EB não incide somente ao passado, sem nenhum benefício para nossa sociedade; contribui para saúde humana, agricultura e recursos renováveis, produtos naturais, gerenciamento e conservação ambiental e análise da diversidade humana, além de contribuições para outras áreas da ciência como economia, sociologia, computação, matemática, estatística, entre outras (FUTUYMA, 2002), e seu ensino contribui para o desenvolvimento do pensamento crítico e científico (PEGORARO *et al*, 2016).

Por toda a importância e centralidade já discutida nessa subseção, advogamos que o ensino-aprendizagem de EB deve estar na agenda de pesquisa daqueles que compõem a comunidade de pesquisa em Ensino de Ciências e Biologia (OLIVEIRA, 2011, 2012) tanto quanto deve ser foco de maior atenção e cuidado dos professores da educação básica em exercício e daqueles que formam os profissionais que trabalharão nessa seara. No contexto dessa investigação, nosso foco será em torno dos recursos didáticos para essa finalidade, mais especificamente de Objetos de Aprendizagem (OAs) que compõem um conjunto cada vez mais amplo de recursos das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs), e que serão abordados na subseção a seguir.

3. Objetos de Aprendizagem (OAs) e sua avaliação a partir da Teoria da Carga Cognitiva (TCC)

Farias (2013, p. 21) define a Tecnologia de Informação e Comunicação (TIC) “como um conjunto de recursos tecnológicos, os quais permitem maior facilidade no acesso e na disseminação de informações” e sugere que a educação é uma das áreas que mais pode ser favorecida com sua utilização. Para Costa (2010, p. 932), “as TIC são, de fato, a alavanca para a tão necessária mudança da escola, isto é, a mudança dos modos como se ensina e como se organiza e estimula a aprendizagem”. Entretanto, para que essa mudança ocorra se faz necessária uma maior divulgação desses recursos, avaliação dos mesmos e sua integração na formação inicial e continuada de professores.

Os Objetos de Aprendizagem (OAs) fazem parte das TICs e podem ser identificados na literatura acadêmica com outros termos, como “Objetos Educacionais” (GRANDO; KONRATH; TAROUCO, 2003) e “Objeto Virtual de Aprendizagem” (WARMLING *et al.*, 2016). Por ser ampla, a definição de Objeto de Aprendizagem (OA) pode causar confusão. A esse respeito, Gallo e Pinto (2010) discutem que

Um Objeto de Aprendizagem (OA) pode ser considerado qualquer recurso digital, ou não, destinado para fins educacionais (IEEE, 2002). Por essa definição, qualquer recurso como livro, material pedagógico, quadro branco, lousa, CD-ROM, DVD, fotografia, etc., pode ser um OA. A falta de clareza conceitual e de reflexão sobre o OA é evidente pela multiplicidade de definições e de usos que encontramos na literatura científica e nos grupos de pesquisa, principalmente, em países da Europa e dos Estados Unidos. (GALLO; PINTO, 2010, p.2)

No contexto dessa investigação, optamos por uma definição mais restrita de OA, que contemple somente objetos digitais, a despeito da existência na literatura de definições mais amplas e genéricas, tendo em vista o não consenso a respeito de uma definição (AUDINO; NASCIMENTO, 2010). Brandão (1998) chama atenção para o fato de que há muitos estudiosos que tentam definir *software* didático; entretanto, poucos se dedicam à elaboração de instrumentos para avaliá-los. Definir de forma clara o que são OAs é uma etapa importante na pesquisa; todavia, avaliar seu uso na educação também é uma etapa essencial que não pode ser negligenciada.

Nesse contexto, a Teoria da Carga Cognitiva (TCC), elaborada pelo psicólogo australiano John Sweller e colaboradores, com suas diretrizes e efeitos (SWELLER, 2006), oferece boa fundamentação teórica para orientar a avaliação pedagógica de OA e a elaboração de instrumentos para esse fim. A TCC se “baseia na arquitetura cognitiva humana e na melhor compreensão dos mecanismos de funcionamento das denominadas *memórias de curto e longo prazo*” (TEXTO DOS AUTORES, 2019, p. 1164-1165), tendo sido elaborada com o objetivo de organizar as informações que serão ensinadas, de modo a incentivar e otimizar a aprendizagem dos estudantes. Para Sweller (1988), os problemas de aprendizagem que havia observado em suas investigações, eram causados principalmente por limitações da memória de curto prazo, geralmente por problemas no design dos materiais didáticos.

Para a TCC, a *memória* pode ser *de curto prazo*, devido à permanência curta das informações ali armazenadas (até 6 horas), que se forem consideradas irrelevantes, serão descartadas. Se consideradas relevantes, as informações serão transferidas para a *memória de longo prazo*, podendo aí ser armazenadas por toda a vida. “Do ponto de vista da função, há um tipo de memória que é crucial tanto no momento da aquisição como no momento da evocação de toda e qualquer outra memória, declarativa ou não: a *memória de trabalho*” (PORTELA; OLIVEIRA, 2019, p. 1164).

Na TCC, a *carga cognitiva* é a demanda infligida sobre a memória de trabalho e é dividida entre intrínseca, estranha e relevante. A *carga cognitiva intrínseca* é aquela imposta pela dificuldade inerente ao conteúdo a ser aprendido e, a princípio, não poderia ser reduzida. A *carga cognitiva estranha* se refere à carga imposta pela forma como o conteúdo é apresentado, podendo ser reduzida para liberar espaço na memória de trabalho. A *carga cognitiva relevante* é aquela relacionada aos processos cognitivos necessários para que ocorra a aprendizagem, que, para a TCC, contempla a construção e automatização de esquemas mentais (MORENO, 2004; SOUZA, 2010; PORTELA; OLIVEIRA, 2019). As cargas cognitivas são somadas e ocupam espaço na memória de trabalho. Desse modo, os efeitos da TCC podem orientar tanto a produção de materiais didáticos, quanto a seleção de conteúdos na organização de sequências didáticas, de modo a reduzir a carga cognitiva estranha com a finalidade de mobilizar mais espaço na memória de trabalho para lidar com a carga intrínseca e ampliar, sempre que possível, a carga cognitiva relevante (PORTELA; OLIVEIRA, 2019).

Dos dezessete (17) efeitos da TCC, descritos por Sweller e seus colaboradores, apresentados em trabalho anterior (PORTELA; OLIVEIRA, 2019), destacamos aqueles que utilizamos como princípios avaliativos nessa investigação, a saber: *atenção dividida*, *modalidade*, *redundância* e *elementos isolados*. Segundo a TCC, a atenção a esses efeitos ajuda a reduzir possíveis sobrecargas nas memórias de trabalho dos estudantes durante um processo de ensino-aprendizagem. A sobrecarga atrapalha a aprendizagem, dificultando-a ou tornando-a mais lenta, podendo ainda estar relacionada à desmotivação dos alunos para a aprendizagem.

Verificamos que geralmente os Objetos de Aprendizagem (OAs) e os recursos didáticos, de um modo geral, são avaliados somente a partir de aspectos técnicos; todavia, faz-se necessária sua avaliação também a partir de critérios pedagógicos, como alertam Almeida, Chaves e Araújo Jr (2012). Nesse sentido, Souza (2010) recomenda a observação dos efeitos Atenção Dividida, Modalidade e Redundância (denominado de princípios, no contexto de sua investigação) da Teoria da Carga Cognitiva (TCC) não na avaliação, mas na elaboração de animações.

Defendemos que os efeitos da TCC podem balizar não somente a elaboração de animações, como também a de outros tipos de OAs, tanto quanto a de ferramentas para a avaliação desses recursos didáticos. Nesse sentido, apresentamos em trabalho anterior (PORTELA; OLIVEIRA, 2019) o desenvolvimento de uma ‘Ficha de Avaliação de Objetos de Aprendizagem (OA)’ e de um ‘Roteiro de utilização da Ficha de Avaliação de OA’ (Para orientação do/a professor/a) a partir da TCC, que foram submetidos a um processo de validação entre pares, antes de serem utilizados para avaliar o corpus de análise (14 Objetos de Aprendizagem sobre Evolução Biológica) dessa investigação.

O processo de validação consistiu na utilização da Ficha e do Roteiro para avaliar o OA 1 por 08 professores de Biologia do Ensino Médio (discentes do Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Biologia – PROFBio) e a verificação do nível de concordância com a avaliação realizada pela primeira autora, resultando na tabela 1 de concordância apresentada a seguir.

O nível de concordância entre os pares foi superior ou igual a 75%, chegando a 100% de concordância em metade das questões construídas a partir de **quatro princípios** da TCC. Avaliamos esse resultado como um indicativo da adequação dos produtos construídos para a investigação, habilitando para a utilização na avaliação dos demais Objetos de Aprendizagem (OAs) que compuseram nosso *corpus* de análise. Apesar das questões que envolvem os quatro princípios da TCC serem suficientemente abrangentes para incluir outros assuntos e componentes curriculares, indicamos que seria necessária a validação desses produtos (Ficha e Roteiro) com outros OAs para que pudéssemos indicá-los em contextos diferentes dessa investigação.

Tabela 1: Porcentagem de concordância entre professores que utilizaram a ‘Ficha de Avaliação’ e a responsável pela pesquisa

Questão / Princípio	% de concordância
1 / Atenção Dividida	87,5
2 / Atenção Dividida	87,5
3 / Modalidade	100
4 / Modalidade	100
5 / Redundância	87,5
6 / Redundância	100
7 / Elementos Isolados	100
8 / Elementos Isolados	75

Fonte: Elaborada pelos autores.

A partir dessa seção do texto, os efeitos da TCC escolhidos (Atenção Dividida, Modalidade, Redundância e Elementos Isolados) para nortear o trabalho de investigação serão tratados como **princípios**. Essa alteração do termo, tal como realizado por Souza (2010), justifica-se por compreendermos que esse termo identifique melhor o significado dos efeitos da TCC no contexto dessa investigação, tendo em vista que os utilizamos como bases, pilares, na elaboração dos produtos desse trabalho. O próprio autor da TCC e colaboradores já fizeram uso do termo princípio para designar os efeitos da atenção dividida (AYRES; SWELLER, 2014), redundância (KALYUGA; SWELLER, 2014) e modalidade (LOW; SWELLER, 2014).

4. Percorso Investigativo

Para atingir o objetivo geral dessa investigação, que é *avaliar o potencial pedagógico de Objetos de Aprendizagem (OA) relacionados à Evolução Biológica (EB) a partir de alguns efeitos da Teoria da Carga Cognitiva (TCC)*, delineou-se uma investigação de natureza qualitativa, de caráter exploratório, do tipo análise documental (GIL, 2002). A pesquisa é documental, à medida que entendemos um documento como uma “produção material humana, fruto de realidades múltiplas e complexas que precisam ser desveladas pelo pesquisador” (FARIAS; SILVA; CARDOSO, 2011, p.38).

Os Objetos de Aprendizagem (OA) analisados foram coletados no repositório do Banco Internacional de Objetos Educacionais – BIOE (<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/>), que disponibiliza acesso gratuito ao seu acervo. Foram coletados somente os OA do tipo animação/simulação, em língua portuguesa, por serem uma ferramenta eficaz (FRASER, AYRES, SWELLER, 2015) de ensino-aprendizagem e por tornar os processos e fenômenos abordados mais próximos da realidade e mais significativos para os alunos (ALMEIDA *et al.*, 2014). Leite (2005, p.7) defende a utilização de recursos do tipo animação/simulação, argumentando que “[...] utilizar animações, ilustrando situações que exigiam maior grau de abstração, contribuiu para a fixação e assimilação dos conteúdos trabalhados”.

5. Resultados e Discussão

O *site* do BIOE foi acessado em 08 de maio de 2018, e foram encontrados 1590 OAs disponíveis para o componente curricular de Biologia do Ensino Médio (EM). Desses, 414 foram classificados como do tipo animações/simulações; entretanto, somente 26 OA são relacionados a temáticas de Evolução Biológica (EB). Após o *download* dos 26 vídeos, na etapa seguinte, todos foram assistidos na íntegra e excluídos aqueles que, a despeito da classificação apresentada na página de origem, não eram do tipo animação/simulação, tais como arquivos de texto e imagens não animadas, resultando em 14 OA compondo o *corpus* de análise dessa investigação e listados no quadro 1. A avaliação dos OA selecionados foi realizada a partir do uso de uma ‘Ficha de Avaliação’ (PORTELA; OLIVEIRA, 2019, p.1172) elaborada para a pesquisa, baseada em quatro princípios da Teoria da Carga Cognitiva (TCC), cujo processo de validação foi discutido anteriormente.

Quadro 1: Objetos de Aprendizagem (OAs) selecionados para avaliação

OBJETO DE APRENDIZAGEM (OA)	
OA 1 - Especiação Alopátrica	Explica como ocorre o surgimento de novas espécies através do aparecimento de barreiras geográficas.
OA 2 - Escola Tradicional	Explica em que se baseia essa escola sistemática tradicional.
OA 3 - Escola Evolutiva	Apresenta o embasamento teórico da escola evolutiva.
OA 4 - Escola Cladista	Explica as bases da escola cladista.
OA 5 - Sistemática e Taxonomia	Relembra de forma sintética a história da sistemática e taxonomia.
OA 6 - Estudos Comparativos em Zoologia	Trata do compartilhamento de características por indivíduos de uma mesma espécie e por indivíduos de espécies diferentes.
OA 7 – Filogenia	Trata da história da classificação, nomenclatura binomial, categoria taxonômicas, e sistemática filogenética.
OA 8 - Grupo Monofilético	Apresenta a definição de grupo monofilético.
OA 9 - Homologia Serial	Explica o que são estruturas homólogas dando ênfase a homologia serial.
OA 10 - Homoplasias	Explica o que são homoplasias e como podem surgir.
OA 11 - Evolução de Procariotos e Eucariotos	Apresenta a teoria mais aceita sobre o surgimento da célula eucariótica.
OA 12 - Exemplo de Mutação	Simula o processo de vicariância para ilustrar como mutações podem gerar diferenças nas gerações seguintes.
OA 13 - Período Pré-Darwin	Aborda as concepções sobre a diversidade dos organismos no período anterior a divulgação das ideias darwinistas.
OA 14 - A Evolução do Homem	Retrata a história da evolução humana dando ênfase ao surgimento de novas características.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os OAs selecionados foram submetidos à ‘Ficha de avaliação’ e os dados obtidos serão analisados qualitativamente nas subseções a seguir, que organizamos a partir de quatro princípios da Teoria da Carga Cognitiva, a saber: Atenção Dividida, Modalidade, Redundância e Elementos Isolados.

5.1. Princípio da Atenção Dividida

A primeira questão, relacionada ao princípio da atenção dividida, foi enunciada da seguinte forma: **Apresentam textos e gráficos (imagens/esquemas/animações) não inteligíveis quando visualizados isoladamente?** As respostas possíveis são ‘sim’ ou ‘não’.

A figura 1 apresenta um exemplo do OA 2, em que se pode aplicar o princípio da atenção dividida, pois o texto e a imagem não são inteligíveis quando separados.

A imagem e a informação textual apresentados na figura 1 se completam, pois poderia ser difícil para a maioria dos estudantes interpretar a imagem sem o texto explicativo. Se a imagem e o texto fossem mostrados em telas separadas, os alunos dividiriam sua atenção entre duas telas. Parte da memória de trabalho do estudante seria usada para manter a lembrança de detalhes da imagem enquanto lia o texto ou na tentativa de se lembrar do texto enquanto visualizasse a imagem. Ao surgirem dúvidas, o estudante precisaria ficar mudando de tela (do texto para imagem e vice-versa) e isso divide sua atenção e ocupa um lugar precioso na memória de trabalho. Os 14 OAs avaliados apresentam, em algum momento, textos e gráficos que não são inteligíveis quando separados, ou seja, são mutuamente dependentes. Ao apresentá-los na mesma tela, reduz-se a carga externa e o espaço economizado na memória de trabalho do aluno pode ser utilizado pela carga relevante, com a qual o estudante cria seus próprios esquemas mentais para fixar os conceitos na memória de longo prazo.

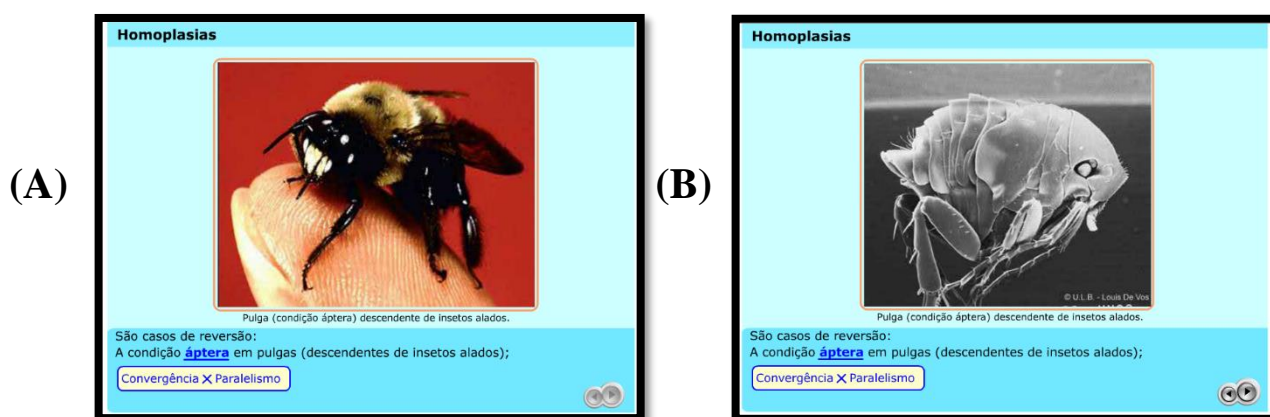
Figura 1: Trecho do OA 2: explicação de como um taxonomista organizaria os animais da figura baseando-se na Escola Tradicional de classificação.



Fonte: <http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/handle/mec/20213>

Na segunda questão temos: **Faz a integração entre textos e gráficos (imagens/esquemas/animações), que sejam dependentes, na mesma tela?** As respostas possíveis são ‘sim’ ou ‘não’. Os 14 OAs apresentam textos e gráficos dependentes na mesma tela. Entretanto, o OA 10 apresenta algumas imagens que devem ser comparadas, mas estas não aparecem simultaneamente na mesma tela, o que fere o princípio da atenção dividida. Ao mostrar exemplo de casos de reversão, o OA 10 propõe ao aluno que observe a imagem de uma abelha (figura 2A) e uma pulga (figura 2B).

Figura 2: Trecho do OA 10: Ilustra um exemplo de reversão da presença de asas em insetos. Um inseto alado (A) e um inseto áptero (B).



Fonte: <http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/handle/mec/20582>

Essas imagens aparecem em sequência na animação, mas não simultaneamente. Caso o aluno queira observar com mais detalhe as imagens para compará-las, terá que ficar mudando de tela várias vezes. Ao tentar manter a imagem da abelha com detalhes em sua memória enquanto visualiza a imagem da pulga ou vice-versa, o estudante está usando um espaço precioso da memória de trabalho. Ao apresentar as imagens simultaneamente, é dispensada a necessidade de manter na memória uma das imagens, resguardando um espaço precioso na memória de trabalho para algo mais importante. Outro problema encontrado no OA 10 é que a imagem da abelha não apresenta legenda indicando que é uma abelha. Pode parecer óbvio, mas pode acontecer de algum estudante não a identificar como tal. Esses problemas não tiram o mérito do OA 10, mas poderá dificultar o processo de aprendizagem para estudantes menos experientes, por ocupar espaço na memória de trabalho de forma desnecessária.

A atenção dividida aumenta a carga estranha (ou externa), que é irrelevante para a aprendizagem. O ideal é que imagens dependentes sejam apresentadas juntas, na mesma tela (AYRES, SWELLER, 2014; TARMIZI, SWELLER, 1988). Entretanto, Ayres e Sweller (2014) ressaltam que, para que o princípio da atenção dividida seja válido, é necessário que as múltiplas fontes de informação não sejam inteligíveis quando separadas.

Há trabalhos sobre a atenção dividida em áreas como geometria, geografia e circuitos elétricos (AYRES, SWELLER, 2014; TARMIZI, SWELLER, 1988); todavia, não identificamos investigações desse princípio no ensino da EB. Segundo Tarmizi e Sweller (1988, p.436, tradução nossa), “Há todas as razões para supor que as mesmas implicações da carga cognitiva são aplicáveis em todas as outras áreas que são apresentadas usando múltiplas fontes de informação”, ou seja, em qualquer área em que sejam usadas diversas fontes de informação como diagramas, esquemas, imagens e textos explicativos para se transmitir um conceito, esta área estará sujeita ao princípio da atenção dividida.

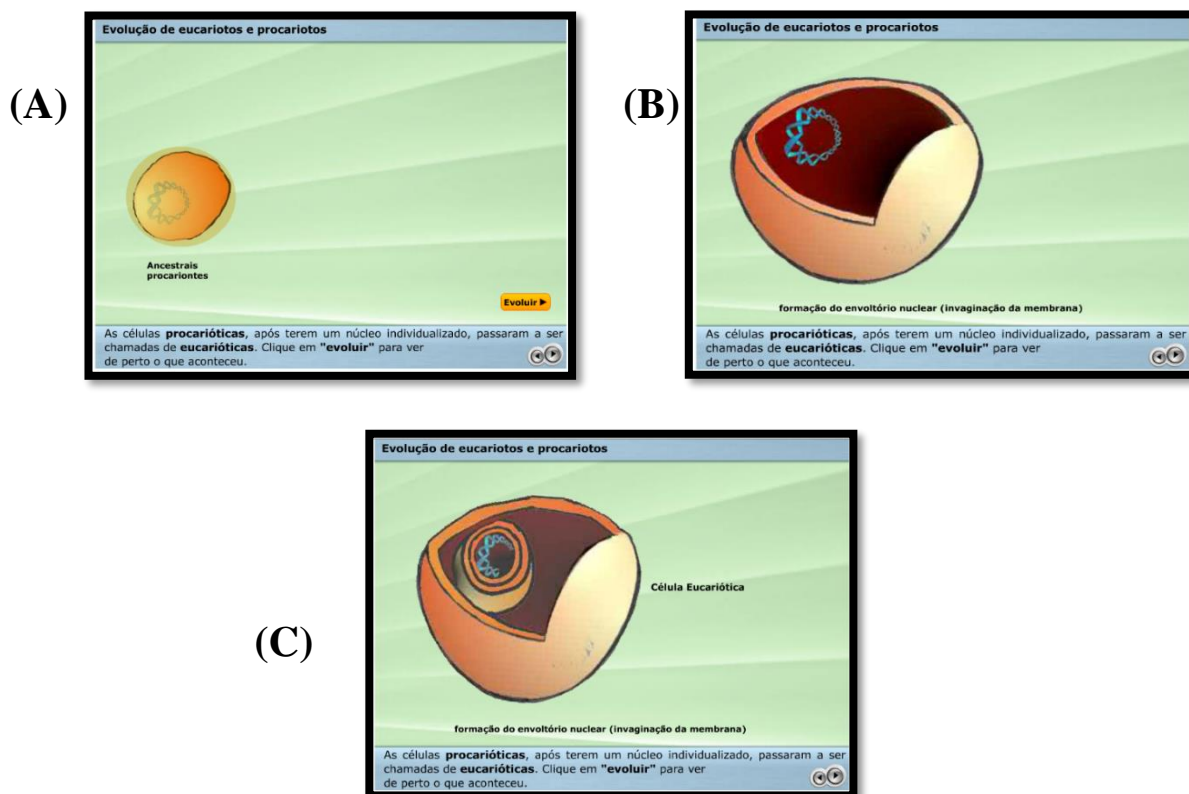
5.2. Princípio da Modalidade

Este princípio diz respeito ao uso de duas modalidades, auditiva e visual, para transmissão de conceitos sem sobrecarregar a memória de trabalho. Na questão 3 (**Faz uso de quais canais sensoriais para transmitir a informação?**) as respostas possíveis são: ‘auditivo’, ‘visual’ ou ‘ambos’. Na questão 4 (**Faz uso de narração através de áudio para informar e dar sequência ao OA?**) as respostas possíveis são ‘sim’ ou ‘não’.

Todos os OAs aqui avaliados apresentam apenas uma modalidade sensorial, a visual, para transmitir os conceitos propostos e orientar como prosseguir com a animação. A figura 3 apresenta a sequência de animação do OA 11, que ilustra o surgimento de células eucarióticas.

Durante a animação, o aluno precisa dividir sua atenção entre visualizar as imagens em movimento e ler as legendas que explicam a evolução das células eucarióticas e os comandos de sequência da animação. Se, ao invés da legenda um áudio explicasse o que está ocorrendo durante a animação, a carga estranha infligida sobre a memória de trabalho seria evitada, já que o uso de duas modalidades, visual e auditiva, amplia a capacidade da memória de trabalho.

Dessa forma, por esse segundo princípio, é recomendável, sempre que possível, trabalhar com duas modalidades sensoriais. “Uma maneira de acelerar o conhecimento quando seus objetivos instrucionais envolvem coordenação e integração de vários elementos é explorar dois subcomponentes da memória operacional: o centro auditivo (fonético) e o centro visual” (CLARK; NGUYEN; SWELLER, 2006 p. 48, tradução nossa). Da forma como o conteúdo está sendo apresentado, a memória de trabalho do estudante pode ser sobrecarregada, pois apenas o canal visual está sendo utilizado para ver a imagem, ler a legenda explicativa e ler as instruções que dão seguimento ao OA. Essa reflexão não se aplica somente ao OA 11, mas aos 14 OAs avaliados.

Figura 3: Trecho do OA 11: fragmentos da animação da evolução de células eucarióticas.

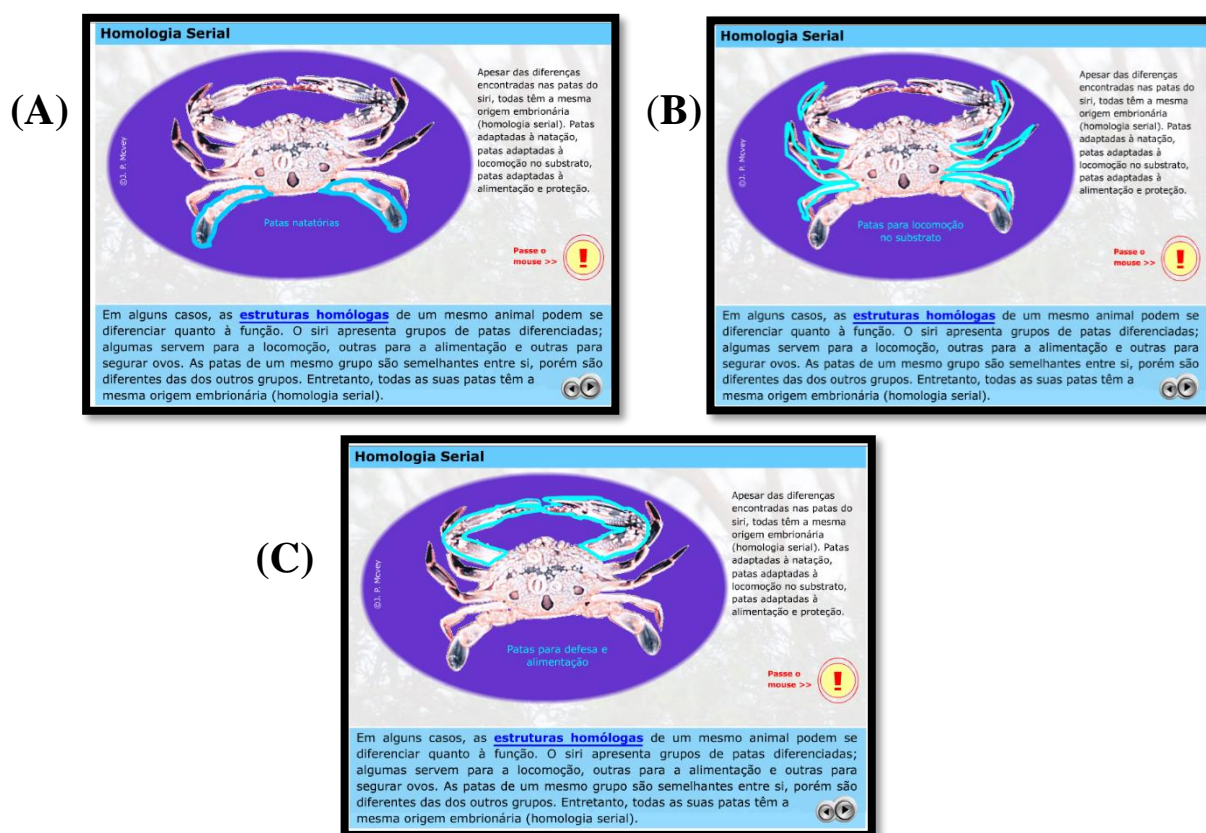
Fonte: <http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/handle/mec/2807>

5.3. Princípio da Redundância

A pergunta 5 (**Apresenta gráficos, imagens, textos longos ou que se repetem ou qualquer conteúdo não pertinente em relação ao foco da aprendizagem?**), cujas respostas possíveis são ‘sim’ ou ‘não’. OA 9 apresenta repetição de texto. Neste OA são apresentadas três telas consecutivas (figura 4) com o mesmo texto.

O que muda de uma tela para outra é a marcação das diferentes patas do siri e suas funções. Essa diferenciação poderia ser feita através de cores, na mesma tela. A repetição do texto em quadros que se seguem implica que o aluno releia o mesmo texto inúmeras vezes. A redundância contida em repetições de textos, explicações desnecessárias ou a presença de conteúdos irrelevantes para a aprendizagem podem aumentar a carga cognitiva sobre a memória de trabalho.

Figura 4: Trechos do OA 9: destaca as patas natatórias (em A), as patas responsáveis pela locomoção em substrato (em B) e as responsáveis pela defesa e alimentação (em C) do sirí.



Fonte: <http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/handle/mec/20312>

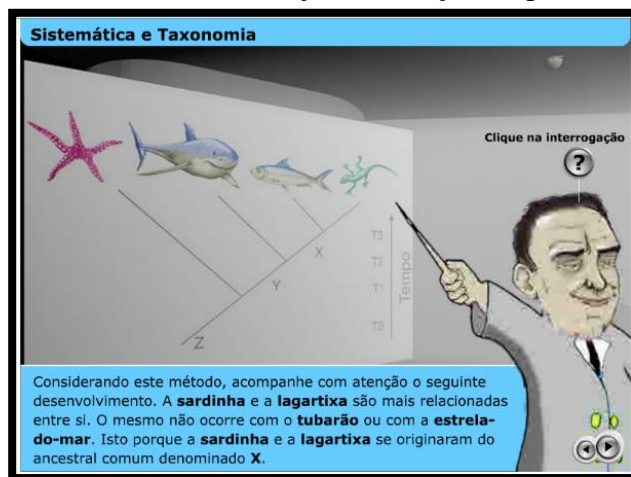
Desse modo, uma estratégia como a ilustrada na fig. 4 implica em um prejuízo ao processo de aprendizagem, tendo em vista que

O princípio da redundância (ou efeito de redundância) sugere que o material redundante interfere em vez de facilitar o aprendizado. [...] De acordo com a teoria da carga cognitiva, a coordenação de informações redundantes com informações essenciais aumenta a carga de memória de trabalho, o que pode interferir na aprendizagem. Eliminando tais informações redundantes eliminam o requisito de coordenar várias fontes de informação. Assim, projetos instrucionais que eliminam material redundante podem ser superiores àqueles que incluem redundância.” (KALYUGA; SWLLER 2014, p. 247, tradução nossa)

A pergunta 6 (**Apresenta texto redundante pela função de explicar gráficos (imagem/ animações) autoexplicativos?**) tem como possível resposta ‘sim’ ou ‘não’. Para todos os OAs não foram encontradas redundância entre texto explicativo e imagens, pois as que foram apresentadas não eram autoexplicativas, como o caso do OA 5, mostrado na figura 5.

Um aluno que está começando a aprender sobre cladograma pode não conseguir interpretar a imagem do cladograma em OA5 sem o texto explicativo que a acompanha.

Figura 5: Trecho do OA 5: demonstração da relação de parentesco entre espécies.

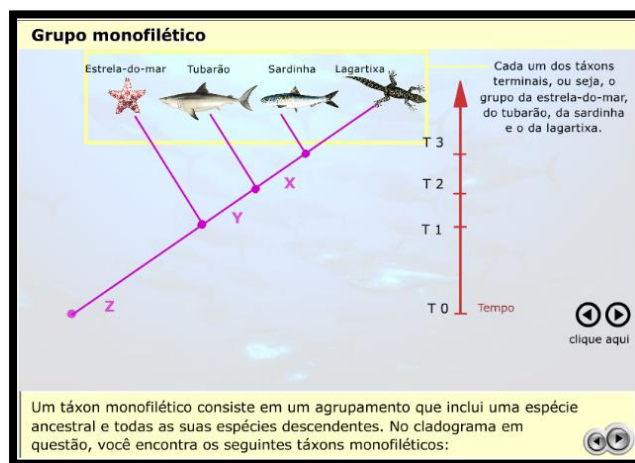


Fonte: <http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/handle/mec/19391>

Não se pode confundir revisão com redundância e nem redundância com revisão. A revisão é necessária ao processo de aprendizagem, a redundância não (KALYUGA; SWELLER, 2014). A revisão ajuda a fixar e relembrar os conceitos aprendidos; a redundância, por sua vez, ocupa um espaço precioso na memória de trabalho do estudante, que deve ser muito bem administrada para o sucesso da aprendizagem.

5.4. Princípio dos Elementos Isolados

A pergunta 7 (**Apresenta textos, vídeos ou animações com conceitos complexos ou com vários conceitos abordados simultaneamente?**) tem como possíveis respostas ‘sim’ ou ‘não’. Entretanto, os OAs 8 e 10 são compostos por textos, vídeos ou animações com vários conceitos apresentados simultaneamente ou conceito complexo, o que pode gerar sobrecarga na memória de trabalho. O exemplo a seguir, do Objeto de Aprendizagem 8 (OA 8), aborda o conceito de grupos monofiléticos (Figura 6).

Figura 6: Trecho do OA 8: exemplos de grupos monofiléticos.

Fonte: <http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/handle/mec/20585>

Se pensarmos no conceito de grupos monofiléticos, veremos que, para o professor ministrar esse conteúdo, o aluno precisa saber de outros conceitos, como noções básicas de anagênese e cladogênese, ancestralidade comum compartilhada e árvore filogenética (AMORIM, 1997; FURTADO; PESSOA, 2009). Como também, a interpretação de um cladograma pode parecer simples, mas exige vários conceitos que, se ministrados em uma única aula, podem gerar uma alta carga cognitiva intrínseca.

[...] a carga cognitiva intrínseca pode ser alta ou baixa, dependendo da quantidade de elemento de interatividade necessária para realizar uma tarefa. Os resultados de aprendizagem que exigem coordenação entre vários elementos de conteúdo resultarão em maior carga cognitiva do que tarefas menos complexas. [...] quando as tarefas são complexas, o uso de técnicas que minimizam a carga externa melhora a eficiência da aprendizagem. Portanto, uma diretriz geral para obter eficiência na aprendizagem é minimizar a carga cognitiva externa em seus materiais instrucionais quando as tarefas de aprendizado são complexas.” (CLARK; NGUYEN; SWELLER, 2006 p. 14)

Dessa forma, quando o professor observar que o conteúdo que está ministrando tem uma alta carga cognitiva, é imprescindível que ele, além de repartir essa carga (subdividir o conteúdo em partes menores), gerenciando a carga intrínseca, observe os demais princípios, a fim de reduzir a carga estranha (ou externa).

Figura 7: Trecho do OA 8: fragmento da animação que mostra o desenvolvimento embrionário de deuterostomados como exemplo de grupo monofilético.

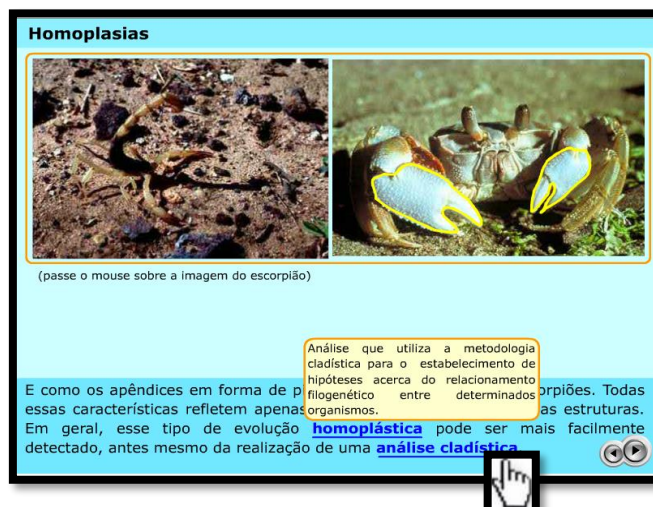


Fonte: <http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/handle/mec/20585>

Para exemplificar o conceito de grupo monofilético, o OA 8 apresenta outro conceito complexo: desenvolvimento embrionário. A figura 7 mostra o trecho do OA 8 em que é ilustrado o desenvolvimento embrionário dos deuterostomados. Desenvolvimento embrionário não é o tema do OA 8; todavia, pressupõe-se que o estudante já tenha visto este tema anteriormente, pois a maioria dos livros didáticos de Biologia aborda o tema ‘desenvolvimento embrionário’ no primeiro ano e EB no terceiro ano do EM. Entretanto, argumentamos na seção 2, sobre ensino de EB, que esse tema não deveria estar restrito ao final do EM; ao contrário, ele deve ser evocado como eixo centralizador dos conhecimentos biológicos nos três anos do EM (BRASIL, 2018). Se o tema ‘desenvolvimento embrionário’ não foi trabalhado anteriormente com o estudante ou não estiver sedimentado em sua memória de longo prazo, o uso desse exemplo poderá sobrecarregar a memória de trabalho do aluno, prejudicando a aprendizagem do tema de interesse do OA 8, que é grupo monofilético.

O OA 10 trata de homoplasia (Figura 8), que também pode ser um conceito complexo, tendo em vista que, para ser compreendido, é preciso ter domínio de vários outros conceitos como: sinapomorfia, plesiomorfia, paralelismo e convergência (AMORIM, 1997; FURTADO; PESSOA, 2009). Essas palavras e outras aparecem em destaque (na cor azul) no OA em questão. Ao posicionar o *mouse* sobre as palavras destacadas em azul, ‘análise cladística’, aparece seu significado; entretanto, a explicação é bem resumida e pode gerar dúvidas se o estudante está vendo pela primeira vez o termo.

Conceitos complexos podem exceder a capacidade da memória de trabalho, quando são apresentados em uma única etapa ao aprendiz. Dessa forma, o aprendizado desses conceitos deve ser subdividido, apresentado em etapas e só então integrado novamente para uma percepção completa do conceito (VAN MERRIËNBOER; SWELLER, 2010).

Figura 8: Trecho do OA 10: explicação do termo análise cladística.

Fonte: <http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/handle/mec/20582>

OAs que apresentam conceitos complexos não devem ser usados pelo aluno para introduzir o conteúdo, porém podem ser usados para finalizar o assunto, após ter visto separadamente os conceitos simples. “[...] um objeto virtual de aprendizagem pode tanto contemplar um único conceito quanto englobar todo o corpo de uma teoria” (SPINELLI, 2007, p.7). E ainda é “passível de combinação e/ou articulação com outros Objetos de Aprendizagem de modo a formar unidades mais complexas e extensas” (PIMENTA; BATISTA, 2004, p. 102).

A pergunta 8 (**O OA aborda conceitos complexos separadamente para que possam ser integrados posteriormente?**) tem como possíveis respostas ‘sim’ ou ‘não’. O OA 1 aborda a especiação alopátrica (Figura 9). Especiação alopátrica faz parte de outro conteúdo mais abrangente: ‘Tipos de Especiação’.

Figura 9: Trecho do OA 1: momento em que surge uma barreira geográfica entre a população das ratitas.

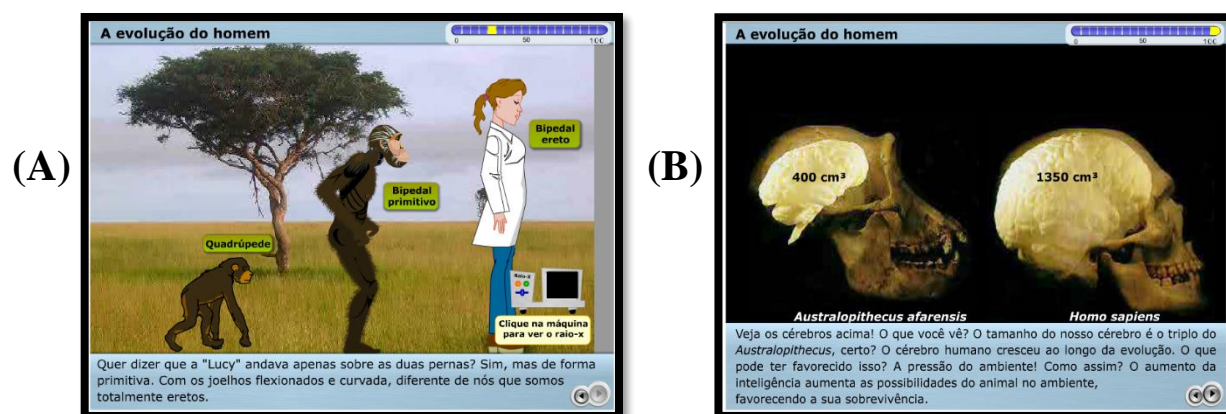
Fonte: <http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/handle/mec/19250>

Usar um OA para tratar de apenas um dos tipos de especiação reduz a carga cognitiva, pois a estratégia foi fragmentar um conteúdo complexo em partes mais simples para serem estudadas separadamente e só depois integrá-las.

Embora você não possa alterar diretamente a carga intrínseca inerente ao seu conteúdo instrucional, é possível gerenciar a carga intrínseca de qualquer aula, decompondo tarefas complexas em uma série de tarefas pré-requisitos e suportando o conhecimento distribuído em uma série de tópicos ou lições.” (CLARK; NGUYEN; SWELLER, 2006, p. 10 e 11, tradução nossa)

O OA 14, assim como o OA 1, também aborda conceitos simples como o aparecimento da bipedia (Figura 10A) e o aumento de volume do crânio (figura 10B) durante a evolução do homem. Destaca-se, contudo, o cuidado que o professor deve ter com a apresentação da fig. 10A, tendo em vista que a organização dos elementos que a compõe pode remeter o estudante à equivocada iconografia da “marcha do progresso humano”, como alertou Gould em algumas de suas obras (GOULD, 1990; 2002b).

Figura 10: Trechos do OA 14 sobre Evolução Humana: em A, vê-se a comparação da postura quadrúpede, bipedal primitiva e bipedal ereta. Em B, comparação do volume craniano do *Australopithecus afarensis* e *Homo sapiens*.



Fonte: <http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/handle/mec/23797>

Além dos OA 1 (figura 9) e OA 14 (figura 10) mostrados anteriormente, os OAs 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 11, 12 e 13 também apresentam conceitos simples que podem ser integrados para a aprendizagem de conceitos complexos. Em suma, todos os OAs aqui avaliados apresentam grande potencial educacional, todavia esse processo de avaliação com base em quatro princípios da TCC nos permite avaliar esse potencial de modo a utilizá-los da melhor maneira possível para não sobrecarregar a memória de trabalho dos estudantes.

6. Considerações Finais

Constatamos, nessa investigação, que os princípios da Teoria da Carga Cognitiva (TCC), ‘Atenção Dividida’, ‘Modalidade’, ‘Redundância’ e ‘Elementos Isolados’, foram profícuos na elaboração da ferramenta para avaliação de materiais didáticos virtuais, como os Objetos de Aprendizagem (OAs). Avaliar o potencial didático de recursos a serem utilizados em aula, a partir de critérios estabelecidos mediante uma teoria de aprendizagem consolidada, como a TCC, é fundamental para garantir minimamente que as estratégias de ensino-aprendizagem sejam bem-sucedidas. Especialmente quando se trata de assuntos cuja abordagem seja tão complexa quanto a Evolução Biológica (EB).

Tendo em vista que “Nada em Biologia faz sentido, exceto à luz da Evolução” (DOBZHANSKY, 1973), advogamos que o ensino de EB não deve ficar restrito ao final do EM, como tradicionalmente vem ocorrendo. Documentos oficiais que orientam a organização curricular da educação básica, como a atual Base Nacional Comum Curricular (BNCC), apontam para ênfase da abordagem evolutiva dos conhecimentos biológicos, principalmente dos assuntos relacionados ao tema “Vida e Evolução” e à competência específica 2 da área de Ciências da Natureza e suas tecnologias, a saber: “Construir e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar decisões éticas e responsáveis” (BRASIL, 2018, p.542).

É preciso deixar claro que “A teoria da carga cognitiva depende da informação que está sendo processada, impondo uma alta carga cognitiva. Se não for alto, os resultados previstos pela teoria provavelmente não serão obtidos” (SWELLER, 2018, p. 1, tradução nossa). Dessa forma, estimar o grau de complexidade do conteúdo que será ministrado é o primeiro passo para aplicar os princípios da TCC. Após essa primeira etapa, a utilização da Ficha de Avaliação e do Roteiro de Orientação pode auxiliar o professor a usar OAs que reduzam a carga cognitiva externa (estranha) necessária à aprendizagem dos alunos.

Ao avaliar 14 OAs, a partir da ‘Ficha de Avaliação’ por nós elaborada com base em alguns dos princípios da TCC, podemos constatar que a maioria desses OAs obedecem ao princípio da ‘Atenção Dividida’, pois unem na mesma tela textos e gráficos (imagens/ esquemas/ animações) dependentes. Essa forma de apresentação facilita a aprendizagem, pois reduz a carga externa infligida sobre a memória de trabalho.

Ao final dessa investigação, concluímos que os OAs podem ser uma ótima ferramenta para o ensino de EB, mas observamos que é preciso saber avaliá-los para encontrar a melhor maneira de utilizá-los para não sobrecarregar a memória de trabalho do estudante, dificultando ainda mais o processo de aprendizagem. É preciso deixar claro que os princípios da TCC não se limitam a materiais digitais, mas podem ser usados com outros materiais didáticos. É pertinente investigar como os OAs, após serem avaliados e selecionados positivamente, se

sairão em *locus*, ou seja, incluir os OAs em sequências didáticas a serem desenvolvidas com os estudantes e avaliar os resultados do uso desse recurso na aprendizagem. Conhecer esses princípios proporciona repensar a prática pedagógica.

Referências

ALMEIDA, R. R. *et al.* Avaliação de objetos de aprendizagem sobre o sistema digestório com base nos princípios da Teoria Cognitiva de Aprendizagem Multimídia. **Ciência & Educação** (Bauru), v. 20, n. 4, p. 1003-1017, 2014. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/2510/251032706015.pdf>. Acesso em: 28 maio 2018.

ALMEIDA, R. R.; CHAVES, A. C. L.; ARAÚJO JR, C. F. de. Avaliação de objetos de aprendizagem: aspectos a serem considerados neste processo. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA–SINECT, 3., 2012. **Anais...** Ponta Grossa, PR. Disponível em: <http://www.sinect.com.br/anais2012/html/artigos/tic/11.pdf> . Acesso em: 28 maio 2018.

AMORIM, D. S. **Elementos básicos de sistemática filogenética**. 2. ed. Ribeirão Preto: Holos Editora e Sociedade Brasileira de Entomologia, 1997.

ARAÚJO, L. A. L. (Org.). **Evolução biológica**: da pesquisa ao ensino. Porto Alegre, RS: Editora Fi, 2017. Disponível em: https://docs.wixstatic.com/ugd/48d206_6b2a4da3805a47eab5c2b37b15f8b0d8.pdf. Acesso em: 28 jun. 2019.

AUDINO, D. F.; NASCIMENTO, R. S. Objetos de Aprendizagem - Diálogos entre conceitos e uma nova proposição aplicada à educação. **Revista Contemporânea de Educação**, v. 5, n. 10, p.128-148, 2010. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/rce/article/view/1620>. Acesso em: 08 maio 2018.

AYRES, P.; SWELLER, J. The split-attention principle in multimedia learning. In: MAYER, R. E. **The Cambridge handbook of multimedia learning**. Florida, EUA: Cambridge Univ., 2014. 206-226. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/CBO9781139547369.011>. Acesso em: 02 abr. 2019.

BIDINOTO, V. M. **Concepções de futuros professores de ciências e biologia sobre a teoria de evolução de Darwin**: tensões e desafios. 2015. 259p. Tese (Doutorado em Educação) - Programa de Pós-Graduação em Educação da UNIMEP. Disponível em: https://www.unimep.br/phpg/bibdig/pdfs/docs/06042016_172056_vanessaminuzzibidinoto_ok.pdf . Acesso em: 16 abr. 2019.

BIZZO, N.; EL-HANI, C. N. O arranjo curricular do ensino de evolução e as relações entre os trabalhos de Charles Darwin e Gregor Mendel. **Filosofia e História da Biologia**, v. 4, n. 1, p. 235-257, 2009. Disponível em: <http://www.abfhib.org/FHB/FHB-04/FHB-v04-08.html>. Acesso em: 18 ago. 2018.

BRANDÃO, E. J. R. Repensando modelos de avaliação de software educacional. In: 3º Simpósio de Investigação e desenvolvimento de software educativo, 3.,1998. **Anais...** Évora, Portugal. Disponível em: minerva.uevora.pt. Acesso em: 11 jun. 2018.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF: MEC, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/historico/BNCC_EnsinoMedio_embaixa_site_110518.pdf Acesso em: 12 jun. 2019.



DOI: <https://doi.org/10.46667/renbio.v13i2.378>

- CASTRO, E.C. V.; OLIVEIRA, M. C. A.; LEYSER, V. Teaching about evolution: when science, ethics and religion come together. **Revista Portuguesa de Filosofia**, Fasc. 3, p. 587-608, 2010. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/41354904?seq=1/subjects>. Acesso em: 24 jan. 2019.
- CHRISTUDAS, B. C. L.; KIRUBAKARAN, E.; THANGAIAH, P. R. J. An evolutionary approach for personalization of content delivery in e-learning systems based on learner behavior forcing compatibility of learning materials. **Telematics and Informatics**, v. 35, n. 3, p. 520-533, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tele.2017.02.004>. Acesso em: 20 ago. 2018.
- CLARK, R. C.; NGUYEN, F.; SWELLER, J. **Efficiency in learning**: evidence-based guidelines to manage cognitive load. San Francisco, CA: Pfeiffer, 2006. Disponível em: sci-hub.tw/10.1002/pfi.4930450920. Acesso em: 02 jul. 2019.
- COSTA, F. A. Metas de Aprendizagem na área das TIC: Aprender com Tecnologias. Inovação Curricular com TIC. In: I Encontro Internacional TIC e Educação, 2010, Lisboa. **Instituto de Educação da Universidade de Lisboa**, 2010, p. 931-936. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10451/5704>. Acesso em: 24 abr. 2019.
- DOBZHANSKY, T. Nothing in biology sense except in the light of evolution. **American Biology Teacher**, v. 35, p. 125-129, 1973. Disponível em: <http://www.bioone.org/doi/full/10.2307/4444260>. Acesso em: 12 abr. 2019.
- FARIAS, I. M. S.; SILVA, S. P.; CARDOSO, N. S. **Metodologia da pesquisa educacional em biologia**. Fortaleza, CE: Secretaria de Educação à Distância (SEAD) da Universidade Estadual do Ceará (UECE), 2011.
- FARIAS, S. C. Os benefícios das tecnologias de informação e comunicação (TIC) no processo de educação a distância (EAD). **RDBCI: Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação**, v. 11, n. 3, p. 15-29, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.20396/rdbci.v11i3.1628>. Acesso em: 24 abr. 2019.
- FURTADO, G.; PESSOA, F. A. C. **Lições sobre 7 conceitos fundamentais da Biologia Evolutiva**. Fortaleza: Expressão, 2009.
- FUTUYMA, D. J. **Evolução, ciência e sociedade**. São Paulo, SP: Sociedade Brasileira de Genética, 2002. Disponível em: https://www.sbg.org.br/sites/default/files/evolucao_ciencia_e_sociedade.pdf. Acesso em: 13 abr. 2019.
- GALLO, P.; PINTO, M. G. Professor, esse é o Objeto Virtual de Aprendizagem. **Revista Tecnologias na Educação**, v. 2, n. 1, p. 1-12, 2010. Disponível em: <http://tecedu.pro.br/wp-content/uploads/2015/07/Art2-vol2-julho2010.pdf>. Acesso em: 14 set. 2017.
- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo, SP: Atlas, 2002.
- GODOI, K. A.; PADOVANI, S. Avaliação de objetos de aprendizagem: um estudo sobre abordagens e critérios de avaliação. In: 3º CONGRESSO NACIONAL DE AMBIENTES HIPERMÍDIA PARA APRENDIZAGEM, 3., 2008. **Anais...** São Paulo. Disponível em: [http://wright.hiperlab.egr.ufsc.br/~alice/CONAHPA/anais/2008/conahpa2008.zip%20Folder/artigos/Avaliacao de objetos de aprendizagem um estudo sobre abordagens e criterios de avaliacao.pdf](http://wright.hiperlab.egr.ufsc.br/~alice/CONAHPA/anais/2008/conahpa2008.zip%20Folder/artigos/Avaliacao%20de%20objetos%20de%20aprendizagem%20um%20estudo%20sobre%20abordagens%20e%20crit%C3%A9rios%20de%20avaliacao.pdf). Acesso em: 29 maio 2018.



GOULD, S. J. Vida maravilhosa: o acaso na evolução e a natureza da história. São Paulo: Companhia das Letras, 1990.

GOULD, S. J. Nonoverlapping Magisteria. **Natural History**, v. 106, p.16-22, 1997. Disponível em: <https://www.ceeol.com/search/article-detail?id=292198>. Acesso em: 19 jul. 2019.

GOULD, S. J. **Pilares do tempo**: ciência e religião na plenitude da vida. Rio de Janeiro, RJ: Rocco, 2002a.

GOULD, S. J. **The structure of evolutionary theory**. Massachusetts-USA: Harvard Univ., 2002b.

GRANDO, A. R. C. S.; KONRATH, M. L. P.; TAROUÇO, L. M. R. Alfabetização visual para a produção de objetos educacionais. **RENOTE**: revista novas tecnologias na educação, v. 1, n. 2, p. 1-9, 2003. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Liane_Tarouco/publication/237485976_Alfabetizacao_visual_para_a_producao_de_objetos_educacionais/links/561bb7bd08ae044eddb382be/Alfabetizacao-visual-para-a-producao-de-objetos-educacionais.pdf. Acesso em: 24 fev. 2019.

INEP. **Censo Escolar da Educação Básica 2018** - Notas Estatísticas. Brasília, 2019. Disponível em: http://download.inep.gov.br/educacao_basica/censo_escolar/notas_estatisticas/2018/notas_estatisticas_censo_escolar_2018.pdf. Acesso em: 13 jul. 2019.

KALYUGA, S.; SWELLER, J. The redundancy principle in multimedia learning. In: MAYER, Richard E. **The Cambridge handbook of multimedia learning**. Florida, EUA: Cambridge Univ., 2014. 247-262. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/CBO9781139547369.013>. Acesso em: 02 jan. 2019.

LEITE, L. O. O Lúdico na Educação a Distância. **RENOTE**, v. 3, n. 1, p. 1-8, 2005. Disponível em: http://www.cinted.ufrgs.br/renoteold/maio2005/artigos/a64_ludicoead.pdf. Acesso em: 29 jun. 2019.

MARTINS, M. V. De Darwin, de caixas-pretas e do surpreendente retorno do criacionismo. **História, Ciências, Saúde – Manguinhos**, v. 8, n. 3, p. 739-756, 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/hcsm/v8n3/7654.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2019.

MAYR, E. **Biologia, ciência única**: reflexões sobre a autonomia de uma disciplina científica. São Paulo, SP: Companhia das Letras, 2005.

MAYR, E. **Isto é Biologia**: a ciência do mundo vivo. São Paulo: Companhia das Letras, 2008.

OLIVEIRA, M. C. A. **Aspectos da pesquisa acadêmica brasileira sobre o ensino dos temas 'origem da vida' e 'evolução biológica'**. 2011. 173 p. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Educação Científica e Tecnológica) Programa de Pós-graduação em Educação Científica e Tecnológica da Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/94733>. Acesso em: 16 abr. 2019.

OLIVEIRA, M. C. A. O ensino dos temas "origem da vida" e "evolução biológica" nos encontros nacionais de ensino de biologia (ENE BIO). **Revista de Ensino de Biologia da SBEnBio**, v.5, Atas do IV ENE BIO e II ERE BIO da Reg. 4. São Carlos: SBEnBio, 2012. Disponível em: https://sbenbio.org.br/wp-content/uploads/edicoes/revista_sbenbio_n5/arquivos/2176.pdf. Acesso em: 20 abr. 2019.



- PEGORARO, A. *et al.* A importância do ensino de evolução para o pensamento crítico e científico. **Revista Interdisciplinar de Ciência Aplicada**, v. 2, n. 2, p. 10-15, 2016. Disponível em: <http://www.ucs.br/etc/revistas/index.php/ricaucs/article/view/4335/2691>. Acesso em: 19 jul. 2019.
- PIMENTA, P.; BAPTISTA, A. A. Das plataformas de e-learning aos objectos de aprendizagem. In: DIAS, Ana Augusta Silva. **E - Learning Para E - Formadores**. Guimarães, Portugal: TecMínho, 2004. 97-109. Disponível em: <https://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/8723>. Acesso em: 02 jul. 2019.
- POONDEJ, C.; LERDPORNKULRAT, T. The development of gamified learning activities to increase student engagement in learning. **Australian Educational Computing**, v. 31, n. 2, p. 1-16, 2016. Disponível em: <http://journal.acce.edu.au/index.php/AEC/article/view/110>. Acesso em: 21 maio 2018.
- PORTELA, T. C. L.; OLIVEIRA, M. C. A. Instrumentos de avaliação de Objetos de Aprendizagem (OA) a partir da Teoria da Carga Cognitiva (TCC). **Revista Mais Educação**, v.2, n.9, p. 1161-1176, 2019. Disponível em: <https://www.revistamaiseducacao.com/ArtigosV2N9NOV2019/110>. Acesso em: 10 mar. 2020.
- REIS, J. S. *et al.* Evolução Biológica: saberes e aceitação de alunos do ensino médio de uma instituição educacional de Rondônia. **Areté - Revista Amazônica de Ensino de Ciências**, v. 10, n. 22, p. 49-60, 2017. Disponível em: <http://periodicos.uea.edu.br/index.php/arete/article/view/630>. Acesso em: 12 nov. 2019.
- SANTOS JÚNIOR, V. B.; MONTEIRO, J. C. S. Educação e COVID-19: as tecnologias digitais mediando a aprendizagem em tempos de pandemia. **Revista Encantar - Educação, Cultura e Sociedade**, v. 2, p. 1-15, 2020. Disponível em: <http://www.revistas.uneb.br/index.php/encantar/article/view/8583>. Acesso em: 10 jun. 2020.
- SELLES, S. E. A polêmica instituída entre ensino de evolução e criacionismo: dimensões do público e do privado no avanço do neoconservadorismo (Editorial). **Ciência & Educação**, v. 22, n. 4, p. 831-835, 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v22n4/1516-7313-ciedu-22-04-0831.pdf>. Acesso em: 19 jul. 2019.
- SPINELLI, W. **Os objetos virtuais de aprendizagem: ação, criação e conhecimento**. 2007. Disponível em: <http://rived.mec.gov.br/comousar/textoscomplementares/textoImodulo5.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2019.
- TARMIZI, R. A.; SWELLER, J. Guidance during mathematical problem solving. **Journal of educational psychology**, v. 80, n. 4, p. 424-436, 1988. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1037/0022-0663.80.4.424>. Acesso em: 02 abr. 2019.
- TIDON, R.; VIEIRA, E. O ensino da evolução biológica: um desafio para o século XXI. **ComCiência**, n. 107, p. 1-4, 2009. Disponível em: http://comciencia.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-76542009000300008&lng=e&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 12 ago. 2018.
- TRIANA-MUÑOZ, M. M.; CEBALLOS-LONDOÑO, J. F.; VILLA-OCHOA, J. A. Una dimensión didáctica y conceptual de un instrumento para la Valoración de Objetos Virtuales de Aprendizaje. El caso de las fracciones. **Entramado**, v. 12, n. 2, p. 166-186, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18041/entramado.2016v12n2.24219>. Acesso em: 27 ago. 2018.

DOI: <https://doi.org/10.46667/renbio.v13i2.378>

UNESCO. Disponível em: <http://www.unesco.org/new/pt/brasil/communication-and-information/access-to-knowledge/ict-in-education/>. Acesso em: 06 jun. 2018.

VAN MERRIËNBOER, J. J. G.; SWELLER, J. Cognitive load theory in health professional education: design principles and strategies. **Medical education**, v. 44, n. 1, p. 85-93, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2923.2009.03498.x>. Acesso em: 13 ago. 2019.

WARMLING, C. M. *et al.* Ensino da bioética: avaliação de um objeto virtual de aprendizagem. **Revista Bioética**, v. 24, n. 3, p. 503-514, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-80422016243150>. Acesso em: 21 ago. 2018.

ZAMBERLAN, E. S. J.; SILVA, M. R. O evolucionismo como princípio organizador da biologia. **Temas & Matizes**, v. 8, n. 15, p. 27-41, 2009. Disponível em: <http://e-revista.unioeste.br/index.php/temasmatizes/article/view/3904>. Acesso em: 12 ago. 2018.

Revisão gramatical realizada por: Luciano Gonçalves Soares

E-mail: lgirua@gmail.com

