

A aplicação de realidade aumentada e realidade virtual no Ensino de Biologia: uma revisão da Literatura

Felipe Jardim Sampaio¹

Resumo: Após a segunda metade do século XX, inicia-se uma intensa revolução tecnológica que propicia uma radical transformação nos modos de vida, que deu início ao que se convencionou chamar como a sociedade da informação. O impacto desta revolução tecnológica, principalmente das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC), atinge a escola e o processo de ensino e a aprendizagem. Neste cenário, este artigo teve como objetivo identificar como a realidade virtual e realidade aumentada estão sendo aplicadas no contexto do ensino de biologia. Para isso, foi feita uma revisão de literatura que mostrou um uso recente destas tecnologias imersivas, com o objetivo de alcançar maior motivação e engajamento dos alunos. O resultado deste artigo mostra, portanto, que é preciso uma análise criteriosa de como e quando usar as tecnologias para que os melhores resultados de aprendizagem sejam atingidos.

Palavras-chave: realidade virtual; realidade aumentada; ensino de biologia.

1 Doutorando do PECIM – Programa de Pós-graduação Multiunidades em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) - SP, felipejsampaio@gmail.com

Introdução

Após a segunda metade do século XX, inicia-se uma intensa revolução tecnológica que propicia uma radical transformação nos modos de vida. O surgimento desta nova sociedade informatizada comporta, portanto, novas maneiras de trabalhar, comunicar-se, relacionar-se, aprender, pensar e, em suma, viver (COLL, 2010). É neste contexto, portanto, que as Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC) impactam sobre os mais diferentes aspectos da vida humana e certamente não deixariam de atingir a escola e o processo de ensino e a aprendizagem. Dispositivos eletrônicos e tecnológicos têm em comum a capacidade de representar e transmitir informação, facilitar o acesso à informação e abrir novas possibilidades de interação e comunicação, fazendo surgir novas maneiras de aprender em contextos variados (COSTA, 2015).

Neste cenário, a biologia é uma disciplina que se insere no contexto escolar e caracteriza-se por tratar de temas muitas vezes complexos ao abordar o estudo de mecanismos em nível molecular, exigindo do aluno uma grande capacidade de abstração e imaginação. Tendo em vista a limitação do livro didático e do quadro de giz em representar tais fenômenos, torna-se mister inovar e aperfeiçoar as técnicas de ensino e, assim, é importante pensar em alternativas viáveis para mudar o paradigma do ensino de ciências e biologia pautado pela pura e simples transmissão de conhecimentos (ANDRADE, 2015). Para o caso específico do ensino de biologia, é necessário perceber a representação da realidade em que se insere um determinado fenômeno, em especial os microscópicos, e o entendimento de seu significado. Deste modo, a Realidade Virtual (RV) e a Realidade Aumentada (RA) estão relacionadas a seu emprego como ambientes de aprendizagem, pois possibilitam a imersão em ambientes virtuais que permitam “aumentar” ou complementar a percepção do mundo real, auxiliando o ensino por meio de novas formas de visualização de objetos de estudo inacessíveis como estruturas microscópicas e situações perigosas, como simular um contato com um vírus.

Assim sendo, este presente trabalho questiona, através de uma revisão de literatura, como a RV e a RA estão sendo empregadas no ensino de biologia. Com isso, o objetivo deste artigo é identificar as principais aplicações destas tecnologias imersivas em contextos escolares do ensino de biologia, tratando especificamente de avaliar com que objetivos RV e RA estão sendo utilizadas, bem como caracterizar em que objeto de conhecimento (OC) dentro da disciplina de biologia estão sendo empregadas.

O conceito de RA e RV e sua relação com a educação

Para Tori, Kirner e Siscoutto (2006, p.2) RV remete ao fato do usuário poder visualizar e se movimentar em ambientes tridimensionais produzidos por computador dentro do qual é possível interagir com elementos desse ambiente, usando inclusive outros sentidos como tato e audição. Tal intervenção deve possibilitar a mobilização, alterações no ambiente virtual usando seus sentidos, especialmente aqueles que simulam o movimento tridimensional natural do corpo humano em um espaço real.

Em relação a RA, Azuma *et al.* (2001) a considera como um sistema que aumenta ou complementa a percepção e a interação do usuário com o mundo real, por meio da criação de objetos virtuais que coexistem com o mundo real (*apud* PEDROSA, 2019, p. 131), além de, segundo Tori, Kirner e Siscoutto (2006), permitir a integração em tempo real do vídeo com os ambientes virtuais interativos, havendo um incremento do ambiente físico real com objetos virtuais.

No contexto educacional, há a tentativa de tornar o ensino mais relevante aos estudantes, criando oportunidades para que eles apliquem seus conhecimentos em situações reais ou simuladas, que os aproximem o máximo possível do fenômeno ou processo em estudo. Desta forma, o uso da tecnologia como a realidade aumentada e a realidade virtual surge como meio de recriar a essência das situações reais para que haja um ensino mais autêntico aos discentes (HERRINGTON *et al.*, 2007).

A partir de uma perspectiva socio-construtivista, Vygotsky entende que toda a atividade humana é mediada pelo uso de ferramentas, de maneira que o desenvolvimento cognitivo se dá através da apropriação das ferramentas (materiais e simbólicas) do ambiente cultural em que o indivíduo se encontra. Além disso, a tecnologia opera para o desenvolvimento da zona de desenvolvimento proximal de cada indivíduo por meio da internalização das habilidades cognitivas requeridas pelos sistemas de ferramentas correspondente a cada momento histórico. (LALUEZA, 2010 p. 47). Desta forma, entende-se as TDIC como potenciais mediadores da aprendizagem dos estudantes, servindo como a intervenção de um elemento intermediário em uma determinada relação, de modo que essa relação não é direta, mas mediada por um terceiro (COSTA, 2015).

Neste contexto, pensa-se na RA e RV como mediadores do processo ensino-aprendizagem, em que um máximo de interação do aluno com o objeto de conhecimento, permitindo aumento de engajamento, motivação

e aprendizagem, especialmente no ensino de ciências, escopo deste artigo (FORKER *et al.*, 2019).

Metodologia

A fim de compreender o uso de RV e RA na educação dentro do ensino de biologia, tomou-se como base uma revisão da literatura que, segundo Hohendoff (2014, p. 40), trata-se de textos nos quais os autores definem e esclarecem um determinado problema, sumarizam estudos prévios e informam aos leitores o estado em que se encontra determinada área de produção acerca da questão levantada.

A revisão foi feita sucedendo as seguintes etapas, segundo Hohendoff (2014): (a) definição e delimitação do tema do artigo; (b) identificação de descritores para consulta às bases de dados; (c) consulta à base de dados seguindo os descritores previamente definidos, com a busca e organização de materiais para revisão da literatura; (d) leitura dos títulos e resumos dos materiais encontrados; (e) seleção e exclusão de textos que se adequam ou não ao escopo do artigo; (f) leitura na íntegra dos artigos selecionados; (g) redação do artigo.

As buscas foram realizadas em três bases de dados *IEEE*, *Scopus* e o portal de periódicos da Capes, bem como na sua base de teses e dissertações em dezembro de 2019, incluindo-se artigos revisados por pares, publicações em eventos, teses e dissertações, com os descritores *virtual reality*, *augmented reality* e *teaching biology*, bem como seus equivalentes em português. Além disso, com o intuito da busca encontrar resultados que relacionassem os descritores, utilizou-se das aspas e do operador booleano **AND** nos motores de busca. O material foi selecionado adotando-se como critérios de exclusão artigos que não tratassem dos descritores indicados anteriormente e em que não estivessem disponíveis o texto completo (*full-text*); como critério de seleção foi adotado que os artigos contivessem, no título, *abstract*, nas palavras-chave ou no corpo do texto os termos desta pesquisa.

Após o processo de seleção e exclusão de artigos, foram selecionados 21 trabalhos, procedendo-se, por conseguinte, a leitura integral dos textos. Após a leitura, foram identificadas duas categorias em que se enquadram os artigos: (1) artigos que tratavam da visualização de estruturas usando RV e RA, totalizando 12 artigos ou (2) artigos que configuram o uso da RV e RA para elaboração de uma estratégia de ensino, totalizando 9 artigos. A tabela

1 resume os critérios utilizados para seleção dos artigos em uma ou outra categoria tendo como base os objetivos de cada artigo.

Tabela 1: Resumo dos objetivos levados em conta na categorização dos artigos selecionados.

Visualização de estruturas	Visualização de estruturas ou percepção de fenômenos; Compreensão espacial de estruturas; Percepção de estruturas abstratas e microscópicas; Foco na visualização e não na formação de conceitos e entendimento de processos;
Estratégia de ensino	Apreensão e entendimento de conceitos e processos; Complementação ao livro texto em relação às definições dadas por estes. Simplificação da aprendizagem de objetos complexos.

Resultados e discussão

Foram identificados 20 artigos, utilizando RV e RA no ensino de biologia que possuem objetivos em comum como o aumento da memorização, do engajamento, da satisfação e do interesse, bem como, despertar a curiosidade e a atenção do aluno para os assuntos em questão nos artigos, além de procurarem perceber se há aumento na apreensão de conteúdo.

Categoria Visualização de Estruturas e/ou Processos

Nesta categoria, 11 trabalhos se relacionam diretamente ao auxílio à visualização de estruturas, sem buscar diretamente compreender um processo biológico dentro de um contexto global ou a elaboração de um conceito

Os artigos que foram elencados na categoria visualização de estruturas foram todos publicados após 2017. Durante o processo de pesquisa nos bancos de dados, não foi estabelecido um corte de tempo, isto levanta a hipótese de que as pesquisas na área de ambientes imersivos virtuais são bastante recentes. Soma-se a isto o fato de que entre os 11 artigos selecionados nesta categoria, 4 são do ano de 2019.

Quanto a temática dos artigos, a maior parte trata de construção com a consequente aplicação de dispositivos de RV ou RA em comparação a artigos que apenas aplicaram um dispositivo já existente, mostrando o interesse dos desenvolvedores em aplicar a tecnologia para situações que enfrentam

no cotidiano. A carência de dispositivos para o assunto de interesse do professor pode ser uma das causas da grande procura pelo desenvolvimento dos próprios aplicativos pelos docentes.

Os OC dentro da área de ensino de biologia que mais se mostraram presentes no estudo foram os relacionados ao estudo de bioquímica, especificamente à visualização de estruturas moleculares. Outros OC encontrados foram o estudo de fisiologia humana, biologia marinha para visualização de espécimes e biologia celular. Todos esses assuntos remetem à dificuldade com tópicos que exigem a visualização de estruturas microscópicas, sobretudo ao nível molecular ou celular. Tais aspectos é um dos entraves para a aprendizagem destes OC, visto que exigem do aluno uma grande capacidade de abstração (PEDROSA, 2019). Poder observar tais estruturas, e inclusive manipulá-las, torna o ensino mais imersivo, atrativo e engajador, aspectos facilitadores da aprendizagem.

A seleção dos artigos também mostra que não existe uma clara preferência por dispositivos de RA e RV já que, dos 12 artigos encontrados que focavam a visualização de estruturas, 6 trabalham com realidade virtual e 5 com realidade aumentada; um deles usou os dois tipos de dispositivo na pesquisa. Além disso, há um foco no ensino básico em relação ao ensino superior como público-alvo. Podemos relacionar isso ao motivo de que no ensino básico, com estudantes menos experientes, há uma dificuldade no processo de abstração para imaginar ou visualizar modelos moleculares ou celulares microscópicos em um desenho ou imagem, por mais que esteja em três dimensões (3D).

Vários artigos citam como objetivo a intenção de avaliar a apreensão de conhecimentos e aprendizagem do conteúdo pelos alunos ao aplicar nas aulas de biologia elementos de RA e RV. Ao final destes estudos, observaram melhora no desempenho dos alunos ao aplicarem testes antes e após o uso dos elementos de RV e RA. No entanto, Erbas *et al.* (2019), ao final do trabalho, afirma que RA não teve impacto significativo na aprendizagem, mesmo que os estudantes tenham citado através de questionário e entrevistas que o dispositivo utilizado melhora a visualização das estruturas propostas, bem como o seu entendimento.

Desta forma, o autor indica que algumas limitações como o tempo de aplicação e a falta de atratividade do exercício realizado, bem como demonstrar somente as estruturas ao invés de contextualizá-las podem explicar esse resultado. Em contrapartida, os artigos que citam como objetivo avaliar engajamento em seus trabalhos relatam um aumento na aprendizagem ao

comparar a aplicação de pré-testes e pós-testes ou através de questionários (NUANMEESRI, 2018; BENIIE, 2019, BARROW, 2019; SHERMA, 2018).

A avaliação da motivação, engajamento e atenção dos alunos foi proposta na maioria dos artigos. Mostrou-se consenso na busca por estes elementos nas práticas escolares e, no âmbito deste trabalho, percebeu-se que, no geral, RA e RV propiciam um aumento nesses aspectos. Os artigos de Choi (2018) e de Barrow (2019) utilizaram para isso a aprendizagem baseada em jogos, que é aplicada em contextos educacionais com alta correlação com o aumento da motivação e engajamento.

O anexo 1 deste artigo mostra resumidamente a temática, os objetos de conhecimento, o ambiente imersivo utilizado no trabalho e o público-alvo de cada trabalho inserido na categoria tratada nesse tópico.

Categoria Estratégias de Ensino

Nesta sessão, 9 artigos encontrados tratavam da elaboração de estratégias de ensino em que se busca conhecer um processo complexo ou analisar estruturas microscópicas dentro de um contexto da disciplina de biologia. Mais uma vez ressalta-se o quão recente são os trabalhos, uma vez que todos foram publicados nos últimos 5 anos.

A maior parte dos trabalhos elencados para estratégia de ensino tiveram como tema principal a aplicação de dispositivos de RA e RV e não a construção somente ou a construção e posterior aplicação dos ambientes imersivos. Em 3 casos, foram encontrados trabalhos que visavam utilizar ambientes imersivos em contextos de laboratórios virtuais (CHANG, 2017; ALHABIB, 2016; MAKRANSKY, 2019). Em um desses trabalhos, foi ainda proposto a comparação entre acessar os ambientes virtuais laboratoriais de casa ou da escola sob supervisão de um professor (MAKRANSKY, 2019).

Aplicar ambientes virtuais a contextos de aulas de laboratório tem como vantagem o fato de laboratórios presenciais físicos serem muito dispendiosos, além da escola ficar limitada a experimentos que não envolvam perigo para os alunos. Deste modo, criar um ambiente virtual que simule um laboratório, além de diminuir os custos, permite realizar experimentos que seriam quase que impossíveis de se aplicar em ambiente escolar. Outrossim, o fato de usar tecnologias imersivas denotou maior engajamento e motivação dos alunos às atividades experimentais, bem como maior interesse por atividades científicas (CHANG, 2017; ALHABIB, 2016; MAKRANSKY, 2019).

Não parece existir novamente nesta categoria de estratégias de ensino predileção pela RV ou RA com 5 trabalhos para cada que utilizavam estes

dispositivos. Logo, é possível supor que os trabalhos ainda estão muito incipientes e as pesquisas precisam avançar para mostrar em quais estratégias de ensino, conteúdos ou nível de escolaridade a RA ou RV se mostram com melhores resultados (PARONG, 2018).

Em relação aos OC em ensino de biologia pesquisados, da mesma forma que nos estudos que visavam a identificação de estruturas, observou-se uma concentração de trabalhos em ensino de biologia molecular e celular, indicando mais uma vez a dificuldade de se trabalhar com estes temas e a necessidade de novas metodologias de ensino que aumentem a compreensão destes tópicos. No entanto, na categoria de estratégias de ensino apareceram temas que não foram encontrados na outra categoria como ensino de microbiologia que, da mesma forma que biologia molecular e celular, ancora-se no entendimento de estruturas microscópicas e processos extremamente complexos para compreender. É possível perceber também o aparecimento do estudo de biologia evolutiva, tópico que exige uma compreensão de um processo ao longo do tempo, como o entendimento preciso dos conceitos (AIVELO, 2016). Para isso foi utilizada a estratégia de ensino de aprendizagem baseada em jogos junto ao uso de dispositivo de RA, que busca sustentar o interesse do aluno para o entendimento global do processo. Contudo o resultado deste artigo precisa ser visto com ressalvas já que foi aplicado a professores e não a alunos. Assim, o autor afirma que há diferenças entre estudar professores ou alunos, tendo, portanto, o cuidado na extrapolação dos resultados. Nos demais artigos estudados, o público-alvo foram alunos do ensino fundamental e/ou médio em sua grande maioria.

O anexo 2 deste artigo mostra resumidamente a temática, os objetos de conhecimento, o ambiente imersivo utilizado no trabalho e o público-alvo de cada trabalho.

Conclusão

O presente trabalho objetivou identificar como RV e RA estão sendo utilizadas em contextos do ensino de biologia e quais os principais objetivos destas aplicações. Os artigos selecionados mostram que há uma intensa procura por novas metodologias de ensino, fugindo ao mote tradicional de exposição de conteúdo. Dentro desta perspectiva, é claramente observável que, dentro destas novas metodologias, há a busca por aumentar engajamento e motivação para aprender conteúdos, além de aumentar a atenção e o interesse. Na aplicação de RV e RA, mesmo que melhores resultados

de aprendizagem não tenham se mostrado presentes, houve um consenso dos trabalhos que indicam a capacidade destes dispositivos imersivos de aumentar o interesse, engajamento, motivação e atenção. Para o processo de ensino, isto já se mostra revelador, pois o aumento destes aspectos está fortemente relacionado à facilitação da aprendizagem (MATTAR, 2010).

Alguns dos trabalhos ora citados neste artigo indicaram que a RV por si só não induziu aprendizagem como apresentado por Bonete (2019) e Makaransky (2019), apesar de, em questionários e/ou entrevistas, indicar aumento na motivação e engajamento. Desta forma, a conversão de aula multimídia, uso de Datashow por exemplo, em RV pode não ser justificado do ponto de vista da aprendizagem. No entanto, os autores indicam caminhos para solucionar este problema como, ao aplicar RV em contexto escolar, pedir que os alunos sumarizem seus conhecimentos logo em seguida a atividade, bem como aumentar o tempo disponível para as atividades e a atratividade das lições. Para isso, Barrow (2019) indica a importância da prática de ensino do professor associada ao seu conhecimento pedagógico aos quais deve estar intimamente relacionado o conhecimento da tecnologia, uma estrutura de trabalho conhecida como TPAK (Technological Pedagogical Content Knowledge).

É importante, portanto, que professores utilizem as tecnologias de RV e RA de forma integrada ao conteúdo e aos conhecimentos pedagógicos, entendendo que as tecnologias não são infalíveis, mas ferramentas de auxílio que se tornam mais efetivas em determinados conteúdos e certos contextos, porém, para outros, podem inclusive prejudicar a aprendizagem.

Referências

AIVELO, Toumas; UITTO, Anna. **Digital Gaming For Evolutionary Biology Learning: The Case Study Of Parasite Race, Na Augmented Reality Location-Based Game.** LUMAT, v. 4, n. 1, 2016.

ALAWADHI, S. *et al.* **Virtual Reality Application For Interactive And Informative Learning.** In: 2017 2nd International Conference on Bio-engineering for Smart Technologies (BioSMART), Paris, 2017. Disponível em: < <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8095336> > acesso em: 10 de out. 2019.

ALVES, G. Q. *et al.* **Simulator of the Glycolitic Pathway in a Virtual Reality Environment as a Learning Resource for Teaching Cellular Respiration.** In:

17th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing System (IHC), p. 22-26, 2018.

ANDRADE, Viviane Abreu de; CREMONINI, Tania de Araújo-Jorge; COUTINHO-SILVA, Robson. **Concepções discentes sobre imunologia e sistema imune. Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 21 (3), pp. 01-22, 2016. Disponível em: < <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/144/235>>. Acesso em: 20 out. 2019.

ARAUJO, Leonardo *et al.* **DoctorBio: um estudo de caso sobre a utilização de recursos de realidade aumentada no ensino de ciências biológicas.** In: VI Congresso Brasileiro de Informática na Educação, p. 294-302, 2017.

BARROW, J. *et al.* **Augmented reality for enhancing life Science education.** In: The Fourth International Conference on Applications and Systems of Visual Paradigms, Roma, Itália. 2019.

BENNIE, S. J. *et al.* **Teaching enzyme catalysis using interactive molecular dynamics in virtual reality.** Journal Of Chemical Education. 2019.

BONETE, G. **A practical guide to developing virtual and augmented reality exercises for teaching structural biology.** V. 47, n. 1, p. 16-24, Gothenburg, 2019.

CHANG, Rong-Chi; YU, Zeng-Shiang. **Application Of Augmented Reality Technology To Promote Interactive Learning.** In: Proceedings of the 2017 IEEE International Conference on Applied System Innovation, p. 1673-1674, 2017

CHOI, K. *et al.* **Interactive and immersive learning using 360° virtual reality contents on mobile platforms.** Mobile Information Systems. V. 2018, artigo ID 2306031, p. 1-12, 2018.

COLL, César; MONERO, Carles. **Educação e aprendizagem no século XXI: novas ferramentas, novos cenários, novas finalidades.** IN: _____. Psicologia da Educação Virtual: aprender a ensinar com as tecnologias da informação e da comunicação. Porto Alegre: Artmed, p. 15-46, 2010.

COSTA, S. R. S; DUQUEVIZ, B. C; PEDROZA R. L. S. **Tecnologias digitais Como Instrumentos Mediadores da Aprendizagem dos Nativos Digitais.** Revista Quadrimestral da Associação Brasileira de Psicologia Escolar e Educacional. V. 19, n. 3, 2015.

ELANGOVAN, I. *et al.* **The Effects Of 3d Computer Simulation On Biology Students´ Achievement And Memory Retention.** In: Asian-Pacific Forum on Science Learning and Teaching. V. 15, n. 2. 2014.

ERBAS, C; DEMIRER, Veysel. **The effects of augmented reality on students´academic achievement and motivation in a biology course.** *Journal of Computer Assisted Learning.* V. 35, p. 450-458, 2019.

FORKER, John *et al.* **Augmented Reality for Enhancing Life Science Education.** In: VISUAL 2019 – The Fourth International Conference on Application and System of Visual Paradigms, 2019, ROMA.

GODDART, T. *et al.* **Molecular Visualization On The Holodeck.** *Journal of Molecular Biology.* V. 430, São Francisco, p. 3982-3996. 2018.

HERRINGTON, J; REEVES, T. C; OLIVER, R. **Immersive Learning Technologies: Realism And Online Authentic Learning.** *Journal of Computer in Higher Education.* V. 19, n. 1, 2007, p. 80-99.

HOHENDOFF, J.V. **Como escrever um artigo de revisão de literatura.** In: KOLLER, S.H; COUTO, M.C; HOHENDOFF, J.V. **Manual de Produção científica.** Porto Alegre: Penso, 2014.

LALUEZA, José Luis; CRESP, Isabel; CAMPS, Silvia . **As tecnologias da informação e da comunicação e os processos de desenvolvimento e socialização.** IN: COLL, César; MONER, Carles. *Psicologia da Educação Virtual: aprender a ensinar com as tecnologias da informação e da comunicação.* Porto Alegre: Artmed, p. 15-46, 2010.

LÉVY, Pierre. **As Tecnologias da Inteligência: o futuro do pensamento na era da informática.** São Paulo: Editora34, 2010.

MATTAR, João. *Games em educação: como os nativos digitais aprendem.* São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

MAKRANSKY, G. *et al.* **Equivalence of Using a Desktop Virtual Reality Science Simulation at Home na in Class.** PLoS ONE. V. 14, n. 4, Indiana, p. 1-14. 2019.

NUANMEESRI, Sumitra. **The augmented reality for teaching Thai Students about the human heart.** iJET. V. 13, n.6, Bangkok, 2018.

PARONG, Jocelyn; MAYER, Richard E. **Learning Science in Immersive Virtual Reality.** Journal of Educational Psychology. V. 110, n. 6, p. 786-797, 2018.

PEDROSA, Stella Maria Peixoto de Azevedo; ZAPPALA-GUIMARÃES, Marco Antonio. **Realidade Aumentada e Realidade Virtual: refletindo sobre os usos e benefícios na educação.** V. 16, n. 43, p. 123-146, 2019.

RINO, M.V; FAKHPURY, R.S; MIRA, J.E. **Educação e os jogos digitais: o uso de Pokemon Go para o ensino de biologia.** Revista de Humanidades, Tecnologia e Cultura. V. 8, n. 1, Bauru, São Paulo, 2018.

SAFADEL, P; WHITE, D. Facilitating Molecular Biology Teaching by Using Augmented Reality (AR) and Protein Data Bank (PDB). V. 63, p. 188-193, Texas, 2019.

SANTOS, José Rufino Silva dos. SOUZA, Brenda Thaise Cerqueira de. **A utilização da Tecnologias da Informação e da Comunicação no Ensino de Biologia: Uma Revisão Bibliográfica.** Id on line revista Multidisciplinar e de Psicologia. V. 13, n. 45, suplemento 1, p. 40-49, 2019.

SHARMA, L. *et al.* **LearnDNA: na interactive VR application for learning DNA structure.** In: IWISC 2018: 3rd International Workshop on interactive and Spatial Computing. Abril, 2018.

TORI, R., KIRNER, C., SISCOOTTO, R. A. Fundamentos e tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada. Editora SBC, 2006. Disponível em: <http://www.ckirner.com/download/capitulos/Fundamentos_e_Tecnologia_de_Realidade_Virtual_e_Aumentada-v22-11-06.pdf>. Acesso em: 10 out. 2017.

VIEIRA, A. C. G. O. **Desenvolvimento de um aplicativo de realidade aumentada para o auxílio do ensino de biologia no ensino fundamental e médio.** META, v. 1, n. 1, p. 260-265, Belo Horizonte, 2016.

WEIBRANDS, M. *et al.* **Molecular Dynamics visualization (MDV): stereoscopic 3D display of biomolecular structure and interactions using the Unity Game Engine.** Journal of integrative Bioinformatics. 2018.

Anexo 1 – Resumo dos artigos selecionados para a revisão de literatura que se enquadram na categoria visualização de estruturas.

	Artigo	Ano	Temática	Objeto de conhecimento	Ambiente imersivo
1	Goddart, Thomas D. <i>et al.</i>	2018	Visualização de biomoléculas	Ensino de bioquímica – estrutura molecular	Realidade virtual
2	Viera, A.C.G. O <i>et al.</i>	2016	Construção de dispositivo de realidade aumentada para dispositivo móveis	Estudo de biologia celular – organelas celulares	Realidade aumentada
3	Nuanmeesri, S.	2018	Construção de dispositivo de realidade aumentada para dispositivos móveis	Estudo de fisiologia humana – sistema cardiovascular	Realidade aumentada
4	Choi, K. <i>et al.</i>	2018	Construção de dispositivo de realidade virtual para dispositivos móveis	Estudo de biologia marinha	Realidade virtual
5	Benjie, S. J. <i>et al.</i>	2019	Aplicação de dispositivo de realidade virtual	Estudo de bioquímica – estrutura enzimática	Realidade virtual
6	Barrow, J. <i>et al.</i>	2019	Construção de dispositivo de realidade aumentada	Ensino de bioquímica – metabolismo celular.	Realidade virtual
7	Uleon, N. N. <i>et al.</i>	2017	Construção de dispositivo de realidade aumentada	Ensino de biologia celular – fisiologia celular	Realidade aumentada
8	Erbas, C. <i>et al.</i>	2019	Aplicação de dispositivo realidade aumentada	Estudo dos seres vivos	Realidade aumentada
9	Bonete, G. <i>et al.</i>	2019	Artigo de revisão acerca da aplicação de dispositivos de realidade aumentada e virtual	Ensino de bioquímica – estrutura de macromoléculas	Realidade aumentada e realidade virtual
10	Wiebrands, M. <i>et al.</i>	2018	Construção de dispositivo de realidade virtual	Ensino de bioquímica – estrutura molecular	Realidade virtual
11	Sharma, L. <i>et al.</i>	2018	Aplicação de dispositivo de realidade virtual	Ensino de bioquímica – estrutura do DNA	Realidade virtual
12	Safadel, P. & White, D.	2019	Aplicação de dispositivo de realidade aumentada	Ensino de bioquímica – estrutura molecular	Realidade aumentada

Anexo 2 – Resumo dos artigos selecionados para a revisão de literatura que e enquadram na categoria estratégias de ensino.

	Artigo	Ano	Temática	Objeto de conhecimento	Ambiente imersivo
1	Rino, M..V et al.	2018	Aplicação de dispositivo de realidade aumentada	Ensino de zoologia	Realidade aumentada
2	Parong, J. and Mayer, R.	2018	Aplicação de dispositivo de realidade virtual comparada a dispositivo não imersivo	Estudo de biologia celular	Realidade virtual
3	Aivelo, T. and Uitto, A.	2016	Aplicação de dispositivo de realidade aumentada	Estudo de biologia evolutiva	Realidade aumentada
4	Araujo, L. et al.	2017	Aplicação de dispositivo de realidade aumentada aplicada a livros didáticos	Ensino de biologia celular	Realidade aumentada
5	Chang, R. and Yu, Z.	2017	Aplicação de dispositivo de realidade aumentada em laboratório virtual	Ensino de anatomia animal e biologia celular	Realidade aumentada
6	AlHabib, S. et al.	2016	Desenvolvimento de dispositivo de realidade virtual em laboratório virtual	Ensino de fisiologia humana	Realidade virtual
7	Alves, G. et al.	2018	Desenvolvimento de dispositivo de realidade virtual	Ensino de bioquímica	Realidade virtual
8	Makransky, G. et al.	2019	Aplicação de dispositivo de realidade virtual em laboratório virtual	Ensino de microbiologia	Realidade virtual
9	Elangovan, T. and Ismail, Z.	2014	Aplicação de dispositivo de realidade virtual	Ensino de biologia celular	Realidade virtual