

elemento integrador e democrático. Masson (2008, p. 144) afirma que estes repositórios “caracterizam-se pelas tecnologias da informação agindo sobre a informação, seja na produção, coleta, disseminação e preservação da informação, seja alterando as práticas editoriais clássicas, ainda que não através de uma total ruptura”. O autor complementa esclarecendo que a lógica das redes de computadores é incorporada ao conceito de repositório digital, que por sua vez se encaixa na morfologia da própria rede. Assim, possibilita a comunicação em grupos de debate da comunidade científica, a interação e a acessibilidade democrática ao conhecimento e aos bancos de dados disponíveis nos repositórios digitais, com a incrementação do acesso livre a uma diversidade de conteúdo.

O campo da biotecnologia apresenta constante crescimento informacional, por envolver uma gama de áreas, como biologia molecular (modelagem molecular), microbiologia, biologia celular, bioquímica, informática, etc. Assim, a biotecnologia assume um papel de tamanha importância, que está relacionada com a transformação do modelo tecnológico. É o que salienta Santos (2003, p. 24): “os especialistas já dispõem de dados suficientes para acreditar que a biotecnologia e a revolução dos novos materiais constituem a próxima onda das altas tecnologias, e que tal tendência conduzirá a uma mudança de paradigma tecnológico”.

Dessa forma, percebe-se uma relação direta entre os repositórios digitais e a democratização informacional biotecnológica em rede, os quais, no âmbito da sociedade informacional, evidenciam a crescente demanda pela informação e pela tecnologia. Ainda, é significativo realçar que a utilização de repositórios digitais está sendo cada vez mais ampliada na rede, objetivando o arquivamento digital voltado às mais distintas finalidades, entre elas, o arquivamento de informações biotecnológicas.

5. Concepção e Funcionamento do Sistema *Web*

A concepção do sistema *Web* enfatiza a modelagem molecular tridimensional, por meio de uma interface de Realidade Aumentada, visando utilizá-lo como recurso inovador de ensino e de democratização da informação biotecnológica em rede, com o intuito de auxiliar no processo de compreensão de modelos moleculares e funcionar como repositório digital na *Web*.

Com a finalidade de atender a essas duas premissas primordiais, a primeira objetivando o uso da RA como interface para a manipulação de modelos moleculares e a segunda focando na sua utilização como repositório digital, o sistema segmentou-se em duas áreas: **Área de Acesso Restrito** e **Área de Acesso Livre**.

A **Área de Acesso Restrito** exige autenticação, permitido ao usuário com o perfil “Administrador” realizar o gerenciamento de todo o sistema, incluindo o cadastro dos demais usuários com perfis “Professor” e “Aluno”. Cada Professor poderá gerar novos “Grupos” (turmas), sendo estes formados por Alunos previamente cadastrados.

O Professor também pode cadastrar “Moléculas”, em categorias previamente determinadas, provendo informações detalhadas sobre estas, bem como fazendo *upload* de seus respectivos arquivos X3D. No momento do registro de uma nova “Aula”, o Professor deverá informar qual Grupo fará parte desta aula, incluindo todas as Moléculas que estarão disponíveis para estudo. Logo após, para utilizar a interface de RA em determinada molécula, basta qualquer usuário acessar a seção “Minhas Aulas” e clicar no *link* “Realidade Aumentada”. O estudante terá acesso a todas as aulas às quais seu Professor o vinculou.

Aos Alunos e demais usuários, basta acessar o sistema e navegar pelas categorias (como aminoácidos, proteínas, vírus, etc.) e, encontrando a molécula procurada, clicar no *link* “Realidade Aumentada” para utilizar a interface de RA.

Observa-se que para fazer uso desta interface, o usuário deverá possuir um dispositivo (como microcomputador ou notebook) que disponha de uma *webcam*, bem como um marcador. Dessa forma, no momento em que a imagem do marcador for capturada e reconhecida, será gerado sobre este, o modelo molecular tridimensional desejado (Figura 2).

Além disso, usuários também podem “sugerir” a inclusão e o estudo de uma nova molécula, contribuindo com a ampliação informacional biotecnológica. Para tanto, devem submeter sua sugestão, informando descrições detalhadas sobre a molécula sugerida, juntamente com o respectivo arquivo X3D. Na sequência, a sugestão será encaminhada ao professor, que a avaliará, permitindo ou não sua inclusão no sistema.

A **Área de Acesso Livre** não exige autenticação, justamente para promover a democratização informacional e funcionar como um repositório digital livre, permitindo acesso a informações biotecnológicas, mais precisamente, referentes às estruturas tridimensionais moleculares.

Observa-se que imagens moleculares tridimensionais, manipuladas por meio de interfaces de RA, usualmente são geradas a partir de arquivos X3D. Por definição de concepção do sistema, determinou-se a utilização de arquivos X3D como essência para a renderização dessas imagens, pois, além do X3D ser um padrão aberto para distribuir conteúdo 3D amplamente utilizado, *softwares* gratuitos e conceituados no meio científico, voltados à visualização e à modelagem molecular, suportam a exportação de objetos para o padrão X3D. Dessa forma, aproveitam-se os recursos de visualização e modelagem molecular específicos de cada *software*, permitindo explorar o que há de melhor em cada um deles, gerando um modelo molecular 3D adequado às pretensões de cada usuário, ao exportá-lo para o padrão X3D e, por fim, utilizá-lo no sistema *Web*.

6. Procedimentos Metodológicos

Com o objetivo de elucidar os procedimentos de desenvolvimento deste trabalho, na sequência apresentam-se as cinco fases metodológicas. Até o momento as três primeiras fases dos procedimentos metodológicos foram concluídas, sendo que a quarta etapa encontra-se em processo de execução.

Na **primeira fase** foi realizada uma pesquisa bibliográfica, contemplando os tópicos condizentes com o sistema e suas respectivas finalidades, como a modelagem molecular, Realidade Aumentada na educação e, por último, repositório digital e democratização da informação biotecnológica em rede, os quais compõem, respectivamente, as subseções 2, 3 e 4 deste artigo.

Na **segunda fase** foram analisadas e avaliadas, na área da Computação Gráfica, as principais ferramentas e bibliotecas (*frameworks*) gráficas gratuitas destinadas à geração e manipulação de objetos 3D na *Web*, verificando sua utilização como instrumentos de representação dos modelos moleculares tridimensionais. E, ainda, de *toolkits* de RA para *Web*, como forma de interação com o modelo obtido, bem como o padrão de arquivos suportado pelo sistema, no caso, X3D.

Na **terceira fase** foi realizada a modelagem do sistema *Web*, contemplando questões condizentes às definições das funcionalidades, do banco de dados, do *design* e da seleção das estratégias mais adequadas para a integração da interface de Realidade Aumentada ao sistema. Na **quarta fase** ocorrerá o desenvolvimento do sistema, sendo realizada a implementação dos módulos indispensáveis à sua adequada execução.

Na **quinta fase** o sistema *Web* será disponibilizado para uso no âmbito educacional, aplicando-o a alunos de uma instituição pública de Ensino Médio, Técnico e Superior em Tecnologia. Na sequência, serão realizadas as avaliações de contexto computacional e educacional. Após a coleta de dados, os mesmos serão analisados de

forma a avaliar como o sistema influenciou no processo de ensino-aprendizagem de assuntos relacionados às estruturas moleculares, mensurando a efetividade deste.

7. Resultados Parciais

Os principais resultados da primeira fase foram apresentada ao longo deste artigo, essencialmente nas seções 2, 3 e 4. Durante a segunda fase, foram realizadas análises e diversos testes para definir qual *framework* seria utilizado. Pelo fato do *X3DOM*, nos testes realizados, ter demonstrado maior flexibilidade e simplicidade na integração com o *JSARToolKit*, optou-se por dar ênfase em sua utilização. Na terceira fase as atenções foram voltadas especialmente à determinação das funcionalidades do sistema, possibilitando a adequada operacionalização mediante os três perfis de usuário, bem como à definição do *layout*, com o intuito de atender os requisitos condizentes à responsividade.

Como resultado do andamento da quarta fase, com o início da implementação funcional básica, já é possível acessar algumas seções do sistema, permitindo gerenciar os menus “Grupos”, “Usuários”, “Moléculas” e “Aulas”, sendo que testes relacionados a usuários, categorias, moléculas e aulas que já foram realizados com sucesso. Na Figura 1, observa-se a interface de cadastramento de usuários a partir de um usuário autenticado no sistema com o perfil “Professor”.

Figura 1 - Interface de cadastro de usuários

Além disso, foi viabilizada a utilização da interface de Realidade Aumentada, na seção “Minhas Aulas”, como pode ser observado no protótipo (Figura 2).

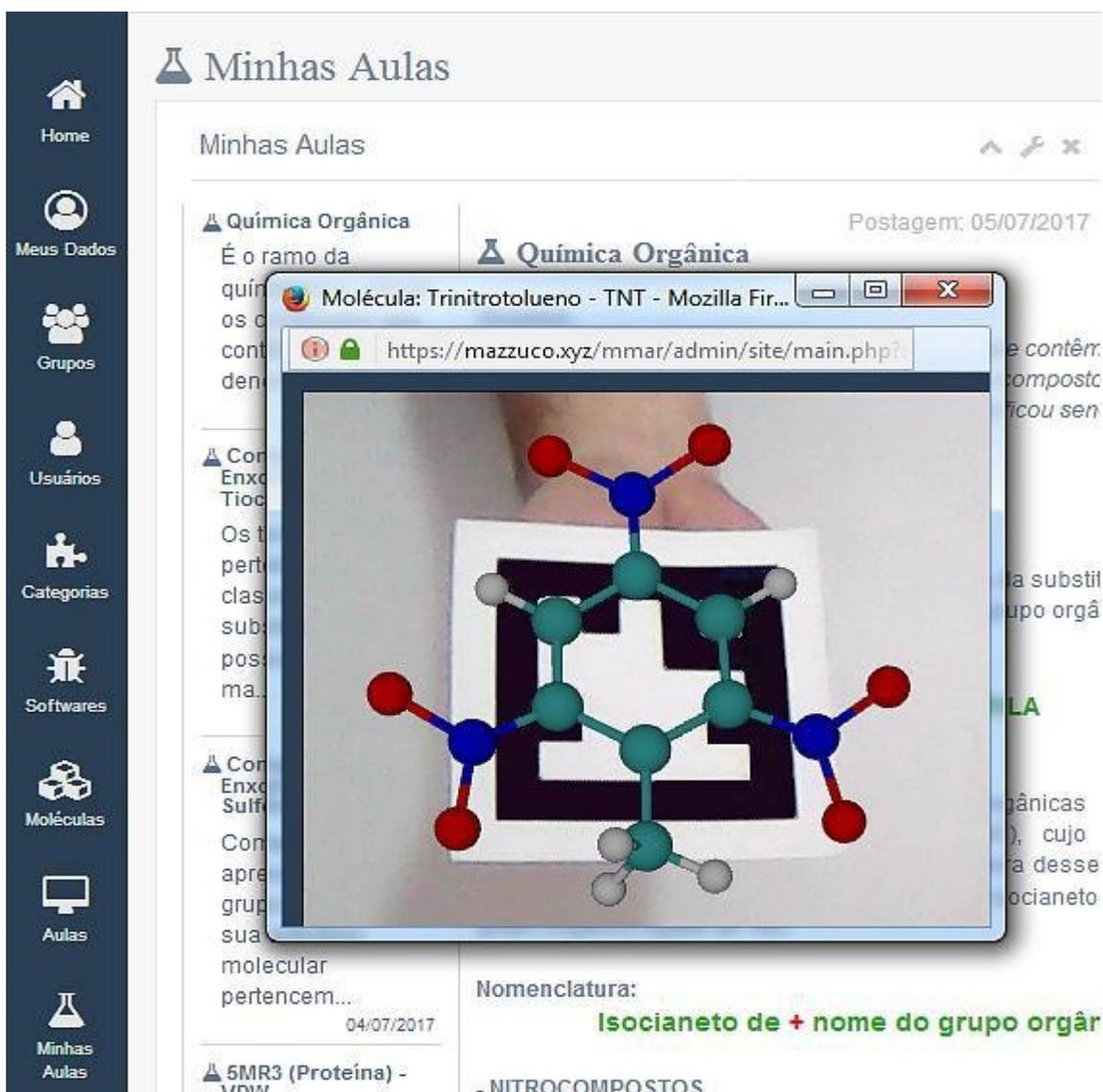


Figura 2 - Utilização da interface de Realidade Aumentada (protótipo)

Em relação ao repositório digital, este se encontra em um processo inicial de implementação, sendo que a interface gráfica (*layout*) ainda não foi definida. Contudo, esse processo será mais ágil, pois o banco de dados já está modelado e diversas funcionalidades que estão concluídas serão reutilizadas.

8. Considerações Finais

É possível perceber que a utilização das Tecnologias da Informação e Comunicação no âmbito do trabalho pedagógico viabilizou o surgimento de novos paradigmas de aprendizagem, modificando o cenário de ensino tradicional, bem como alavancou a democratização de informações biotecnológicas, permitindo a disseminação desse conhecimento.

Entre esses novos modelos pedagógicos destaca-se a utilização da Realidade Aumentada como ferramenta que permite a modelagem molecular tridimensional e

pode se integrar ao conceito de repositório digital, como meio de popularizar informações referentes a essa área.

O sistema *Web* com as características peculiares apresentadas neste artigo possui o potencial de ser considerado inovador e se encontra em pleno desenvolvimento. Ainda estão sendo analisados quais aspectos serão avaliados na sua aplicação, contudo, já se considera analisar as possíveis influências relacionadas à interatividade, à usabilidade e à motivação, proporcionadas pelo sistema.

Para a retenção do *feedback* do público-alvo, condizentes a estes aspectos, certas metodologias e alguns autores estão sendo estudados, como: as diretrizes relacionadas à interatividade propostas por Silveira e Carneiro (2012); o modelo de questionário referente à usabilidade proposto por Rezende (2013); o modelo de questionário relativo à motivação sugerido por Savi (2011). No que tange ao procedimento de coleta de dados, considera-se utilizar estratégias fundamentadas nos conceitos da abordagem de Likert (1932), conhecidos como escala Likert.

Com sua finalização, pretende-se auxiliar o processo de democratização informacional biotecnológica em rede, disponibilizando informações moleculares 3D em arquivos do tipo X3D, classificados em categorias, constituindo-se, assim, em um repositório *Web* de acesso livre. E ainda, almeja-se tornar a interface de RA um instrumento tecnológico inovador e facilitador do processo de compreensão de modelos moleculares, proporcionando um cenário com maior intuitividade e, simultaneamente, aumentando a capacidade de interatividade dos estudantes com os mesmos.

9. Referências Bibliográficas

BORREL, A.; FOURCHES, D. RealityConvert: a tool for preparing 3D models of biochemical structures for augmented and virtual reality. **Bioinformatics**, v. 33, n. 23, p. 3816-3818, dez. 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btx485>>. Acesso em: 17 jul. 2018.

BOSSIÈRE, M. **Democracia Electrónica: ¿Qué Desafíos para América Latina?** Santiago de Chile: Editorial Aun Creemos en Los Sueños, 2010. 76 p.

CASTELLS, M. **A Sociedade em Rede - A Era da Informação: Economia, Sociedade e Cultura**, vol. 1. São Paulo: Paz e Terra, 1999. 698 p.

HARRISON, K. et al. Electronic visualisation in chemistry: From alchemy to art. In: **Conference Proceedings, Electronic Workshops in Computing (eWiC)**, British Computer Society, London, p. 267-274, jul. 2013. Disponível em: <<https://arxiv.org/abs/1307.6360>>. Acesso em: 19 maio 2017.

HERPICH, F. et al. A Comparative Analysis of Augmented Reality Frameworks Aimed at the Development of Educational Applications. *Creative Education*, 8(09), 1433, 2017.

LEACH, A. R. **Molecular Modelling: Principles and Applications**. Prentice Hall, 2001. 744 p.

LIKERT, R. **A technique for the measurement of attitudes**. Archives of Psychology, v. 140, p. 1-55, 1932.

LÉVY, P. **O que é o virtual?** São Paulo: Ed. 34, 1997. 124 p.

MAIER, P.; KLINKER, G; TÖNNIS, M. Augmented Reality for teaching spatial relations. **Conference of the International Journal of Arts & Sciences**, maio, 2009.

MAITI, A. et al. Key aspects of integrating augmented reality tools into peer-to-peer remote laboratory user interfaces. **IEEE 13th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV)**, Madrid, p. 16-23, fev. 2016.

MASSON, S. M. Os repositórios digitais no âmbito da sociedade informacional. **PRISMA.COM - Rev. de Ciência da Informação e da Comunicação do CETAC**, Porto, n. 7, p. 105-152, 2008.

MESSA, A. F. et al. **Sustentabilidade Ambiental e os Novos Desafios na Era Digital: estudos em homenagem a Benedito Guimarães Aguiar Neto**. São Paulo: Saraiva, 2011. 500 p.

MIHELJ, M. et al. **Virtual Reality Technology and Applications**. Springer Science & Business Media, 2013. 241 p.

OLIVEIRA, L. D. de; MANZANO, R. C. Aplicações de realidade aumentada no ensino de Física a partir do software LAYAR. **RENOTE**, v. 14, n. 1, 2016.

PANEGALLI, F. S. et al. Realidade Aumentada no Desenvolvimento de Jogos Educacionais: Um Estudo de Caso de um Jogo de Língua Inglesa. **RENOTE**, v. 13, n. 1, 2015.

PASARÉTI O. et al. Augmented Reality in education, **INFODIDACT**, Informatika Szakmódszertani Konferencia, 2011.

REZENDE, C. S. **Modelo de Avaliação de Qualidade de Software Educacional para o Ensino de Ciências**. 2013. 131 p. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, MG, 2013.

SANTOS, B. S. **A Gramática do Tempo: Para uma Nova Cultura Política**, 3.ed. São Paulo: Cortez, 2010. 511 p.

SANTOS, L. G. **Polítizar as Novas Tecnologias: O Impacto Sócio-Técnico da Informação Digital e Genética**. São Paulo: Editora 34, 2003. 320 p.

SANTOS, M. **Por Uma Outra Globalização: Do Pensamento Único à Consciência Universal**, 22.ed. Rio de Janeiro: Record, 2012.

SAVI, R. **Avaliação de Jogos para a Disseminação do Conhecimento**, no estado de Santa Catarina. Florianópolis: UFSC, 2011. 236 p. Tese de doutorado.

SILVEIRA, M. S.; CARNEIRO M. L. F. Diretrizes para a Avaliação da Usabilidade de Objetos de Aprendizagem. In: **Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)**. 2012, Rio de Janeiro. Anais. Disponível em: <http://br-ie.org/pub/index.php/sbi/article/view/1713/1474>. Acessado em: 25 maio 2017.

TAPSCOTT, D.; WILLIAMS, A. D. **Wikinomics: Como a Colaboração em Massa Pode Mudar o Seu Negócio**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2007. 368 p.

ZHENG, M.; WALLER, M. P. ChemPreview: an augmented reality-based molecular interface. **Journal of Molecular Graphics and Modelling**, v. 73, p. 18-23, 2017.