

ViewDef VR: A utilização da Realidade Virtual para exibição dos defeitos da visão

Adriana Aparecida de Ávila, Thiago Henrique dos Reis, Paulo Alexandre Bressan

Resumo — A ocorrência de experimentos físicos dentro de salas de aula é cada vez menor. Tal fenômeno pode ser justificado pela falta de recursos financeiros, de equipamentos ou, ainda, pela exigência de habilidades difíceis de serem alcançadas pelo professor com os métodos tradicionais de ensino, como quadros e giz, lápis e papel, ou seja, recursos bidimensionais. O uso de dispositivos móveis tem aumentado dentro das salas de aula, embora, muitas vezes, seu uso não seja aproveitado para fins educativos. Desta forma o ViewDef VR é um software de Realidade Virtual para o ensino de óptica, que é o ramo da física responsável por estudar os fenômenos da luz e da visão humana. Neste projeto, é utilizado os óculos de Realidade Virtual, que permite ao usuário uma imersão dentro do jogo. O usuário não somente observa o conteúdo, mas na verdade entra nele.

Palavras-chave — Software Educacional, Realidade Virtual, Óculos VR, Ensino de Física, Óptica Geométrica.

I. INTRODUÇÃO

Professores de Física muitas vezes se deparam com assuntos da disciplina que são difíceis de proporcionar um ensino vivenciado. Muitas vezes, por reais impossibilidades devido ao assunto em si, como é o caso da física nuclear, da física quântica e da física de partículas. E outras vezes, devido à falta de condições de propor esta vivência por falta de laboratórios ou de segurança para a execução dos experimentos, como é o caso da Óptica Geométrica.

No ensino de física, há inúmeros conceitos que necessitam de um nível grande de abstração e que são dificilmente representados bidimensionalmente, dificultando sua representação em lousa. O uso de uma representação tridimensional e interativa é um caminho a ser traçado a fim de se conseguir transmitir de forma correta os conceitos estudados.

As tecnologias podem ser o caminho para a transmissão desses conceitos. Pois são atraentes, possuem formas de diversão e entretenimento capazes de fazer o usuário ficar por horas na frente de um aparelho eletrônico. Knüppe [1] afirma que os atrativos oferecidos pela mídia e pela tecnologia são muito superiores ao que a escola está oferecendo. Isto torna a escola pouco atrativa e desmotivadora, sendo que o aluno precisa ser motivado para aprender.

Os alunos de hoje, sejam eles crianças ou adolescentes, vivem em um mundo repleto de tecnologias que fascinam a todos. Uma dessas tecnologias é o dispositivo móvel, que vem sendo utilizado cada vez mais dentro das salas de aula. Sendo assim, Dias afirma que: “...Este recurso adquire maior valor na sala de aula a partir do momento em que é possível de ser

explorado como ferramenta para diferentes finalidades...” (Dias *et al.*, 2017, p.1) [2].

Com o surgimento de novas tecnologias, é possível contar com alguns recursos para engrandecer e contribuir com o ensino-aprendizagem dentro das salas de aula. Dentre essas tecnologias que surgiram podemos citar, principalmente, as ligadas a dispositivos móveis: tem-se a Realidade Virtual (RV) e a Realidade Aumentada (RA) com um grande potencial para ser aplicada em diferentes áreas e principalmente nas áreas educacionais. Para Cardoso, “...a Realidade Virtual associa-se a uma interface homem-máquina poderosa, possibilitando ao usuário interação, navegação e imersão num ambiente tridimensional sintético, gerado pelo computador através de canais multisensoriais.” (Cardoso *et al.*, 2017, p.3) [3].

Desta forma, uma das tecnologias utilizadas para a reprodução de softwares de RV são os smartphones com os óculos de Realidade Virtual. Explicar os princípios da física sem recursos computacionais é uma tarefa difícil: pode-se citar, como exemplo, o ensino do conceito da óptica geométrica e formação de imagens, que são estudados e analisados com uma visão bidimensional a partir de esquemas e representações gráficas em lousa. Sendo assim, “a Óptica Geométrica apresenta uma grande capacidade de simulação em ambientes virtuais, possibilitando uma visão mais ampla dos fenômenos...” (Parreira *et al.*, 2016, p.1) [4].

Na óptica há vários conceitos, dentre eles a formação da imagem no olho humano e a representação do mesmo como um conjunto de lentes. Também existe o estudo de alguns dos principais problemas de visão, tais como a miopia, a hipermetropia e o astigmatismo [5]. Destaca Santos que:

“... O olho humano pode ser considerado um instrumento óptico, pois é constituído por uma lente biconvexa (o cristalino), que fica situada na região anterior ao globo ocular. No fundo do globo ocular, está a retina, que é sensível à luz e serve de anteparo para as imagens. As sensações luminosas, após serem captadas e projetadas sobre a retina, são enviadas ao cérebro pelo nervo óptico.” (Santos) [6].

A demonstração dos conceitos físicos pode ser difícil utilizando apenas representações bidimensionais, Fig. 1.

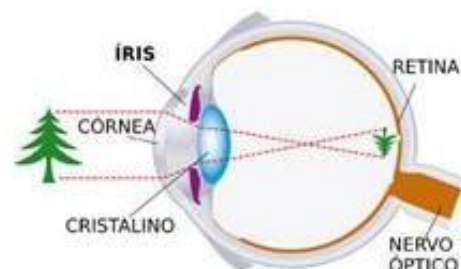


Figura 1. Formação da imagem no olho humano [6].

Em estudos atuais, muito se fala sobre a Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), onde Pinheiro [7] destaca a importância das CTS's para os questionamentos e discussões no Ensino Médio. Com isso pode se relacionar a dificuldade do ensino-aprendizagem de conteúdos físicos, descrita por Palacio [8], no estudo dos conhecimentos da óptica geométrica, tais como: propagação da luz; fenômeno da refração e reflexão; as lentes; presentes tanto na câmera como no olho; e defeitos da visão, através da CTS.

Sobre a educação, Vasconcelos revela que *“um dos grandes problemas enfrentados pelos alunos do Ensino Médio no Brasil consiste em compreender conteúdos que envolvam física e matemática”* (Vasconcelos et al, 2005, p.1) [9]. Dessa forma, o desenvolvimento de um software em formato de simulador para o ensino de óptica parece ser uma opção para a abordagem desse conteúdo, unindo conteúdo, interatividade e imersão para atrair o aluno e despertar o seu interesse pelo ensino-aprendizagem de óptica.

O ViewDef VR é o nome denominado para esse software educacional, que apresenta os defeitos da visão humana e aborda como pode ser realizado a correção desses através de lentes corretivas.

Portanto, na próxima seção serão apresentados trabalhos que falam sobre a Realidade Virtual e suas aplicações, além dos projetos de ensino de Óptica Geométrica. Em seguida, será descrito o desenvolvimento do projeto. Na seção seguinte, a metodologia utilizada no desenvolvimento do software. Posteriormente, o teste de usabilidade aplicado e os seus resultados. E, por fim, as considerações finais.

II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Em 1996, já se falava em como a RV pode permitir visitar lugares e do porquê usá-la na educação [10]. Pois bem, a Realidade Virtual tem se mostrado cada vez mais presente no mundo atual. Seidel e Chatelier [11] apresentam a seguinte definição para a RV: Realidade virtual é, para o indivíduo, uma experiência de ambiente multidimensional que é totalmente ou parcialmente gerado por computador.

No ano de 2009, Botega e Cruvinel, retrataram os três pilares ou as três ideias básicas da Realidade Virtual, Fig. 2, que são: Imersão, Interação e Envolvimento. A Imersão refere-se ao usuário fazer parte daquele ambiente virtual, movendo-se em 360°. Por isso, nesse caso, se utiliza o Óculos VR. A interação é a ação que ocorre quando o usuário realiza determinadas tarefas. Já o envolvimento, é a motivação para cumprir uma atividade [12].



Figura 2. Pilares da Realidade Virtual (Criado pelo autor).

Pinho e Kirner, destacam que a programação de realidade virtual requer o conhecimento de sistemas em tempo real, orientação a objetos, redes, modelagem geométrica, modelagem física, multitarefas, etc. [13].

Para se utilizar a Realidade Virtual, em alguns casos é necessário o uso de um óculos específico que é capaz de apresentar esse mundo virtual. Alguns óculos de RV precisam ter um smartphone acoplado a ele para fazer essa imersão. O usuário imerge nesse mundo através das lentes dos óculos. Alguns até possuem dispositivos de áudio.

Dentre os muitos óculos de Realidade Virtual tem-se o Google Cardboard, Fig. 3, que traz experiências imersivas para todos os usuários, de maneira simples e acessível [14].



Figura 3. óculos VR (Criado pelo autor).

O smartphone a ser acoplado aos óculos precisa ser compatível com a Realidade Virtual. Para ter os recursos gráficos em 360°, é necessário que o dispositivo móvel tenha alguns sensores, o Acelerômetro e o Giroscópio. Sem esses sensores não acontece a imersão do usuário.

Sendo assim, muitos projetos vêm surgindo para retratar o uso da Realidade Virtual na educação. Também surgem trabalhos sobre o ensino de física e os conceitos de Óptica, dos quais ressalta-se:

O OptiLab [16], é um laboratório de óptica desenvolvido em Java3D que exhibe as experiências encontradas em livros didáticos, permitindo o estudo de conceitos ópticos como a distância focal, raio de luz e as leis da reflexão e refração. Nesse projeto é possível descobrir como sistemas computadorizados podem auxiliar no ensino de Óptica Geométrica.

Já Hu [15], desenvolveu um software educacional que utiliza Headsets VR: ele possui como ambiente virtual uma ilha tropical e retrata a proteção ambiental, apresentando a coleta de lixo, a separação correta dos resíduos nas latas de reciclagem e o tratamento correto do lixo. Pode-se ver que nesse projeto a abordagem principal é ensinar sobre a preservação ambiental e em como fazer o descarte correto do lixo, isso tudo utilizando a RV para fazer essa imersão no mundo, mostrando a solução para alguns problemas reais.

No trabalho de Martins [17], apresenta-se uma ferramenta utilizando RV que aborda a ortografia, onde os alunos do ensino médio de 15-18 anos podem fixar e avaliar os conceitos aprendidos dentro da sala de aula. O jogo contém lousas espalhadas pelo mundo virtual com perguntas e respostas sobre a nova Ortografia da Língua Portuguesa.

O EULA 2.0 [18], El Universo de la Luz, é um programa de computador em formato HTML para o ensino-aprendizagem das ciências naturais, que visa fortalecer o aprendizado dos conceitos de óptica dentro da sala de aula.

O projeto anatomia Digital [19], relata a dificuldade no processo de aprendizagem da disciplina de anatomia humana, sendo assim, desenvolveram na *Unity* um minigame que utiliza o Google Cardboard para facilitar o ensino-aprendizagem dos sistemas do corpo humano

Outro trabalho seria o desenvolvido por Dias *et al.* [2], na qual descrevem a utilização do Google Cardboard para o ensino de óptica, demonstrando como os conceitos de óptica estão presentes no dia-a-dia.

Portanto, podemos ver que a Realidade Virtual pode auxiliar cada vez mais no ensino e aprendizagem de conteúdos de diferentes áreas. No ensino de óptica, não é possível encontrar muitos trabalhos e projetos com o uso da Realidade Virtual e dos Óculos VR. Assim, a partir das pesquisas realizadas, surgiu a ideia de desenvolver um software para o ensino de Óptica Geométrica utilizando os Óculos de Realidade Virtual para beneficiar o processo de ensino-aprendizagem dos conceitos detalhados.

III. DESENVOLVIMENTO

O ViewDef VR, é um aplicativo para Android que se utiliza da RV para abordar os conceitos relacionados aos defeitos da visão e as lentes corretivas para cada um dos problemas abordados.

Na Cena inicial, encontra-se um laboratório onde há um olho humano “desmontado”, Fig. 4, que possibilita a identificação das formas de seus principais componentes. Além disto, existe uma lousa menu, Fig. 6, que carrega novas cenas relacionadas a cada um dos problemas.

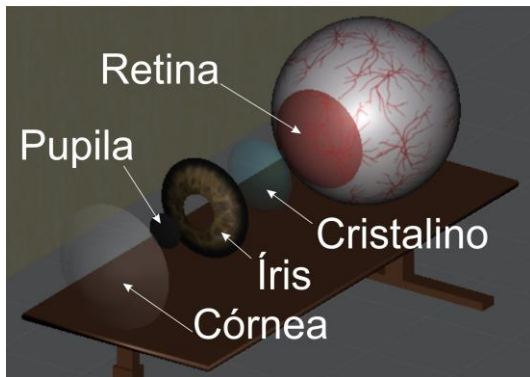


Figura 4: partes do olho humano aberto sobre a bancada.

O Olho humano é um sistema óptico, no qual a luz entra por uma abertura variável denominada pupila é focalizada na retina pelo sistema córnea-cristalino. Na córnea é onde ocorre a maior parte da *refração*¹, pois não há uma grande variação no índice de refração do cristalino e o meio em que ele está inserido. Além disto, o cristalino pode ser alterado,

¹ Refração é o fenômeno no qual a luz passa de um meio transparente para outro, onde as refingências são diferentes, sofrendo um desvio.

na forma e na espessura, a partir da ação do músculo ciliar.

Na parte posterior do globo ocular encontra-se a retina, que contém uma estrutura sensível, onde se encontra cerca de 125 milhões de receptores responsáveis por receber e transmitir a imagem para o nervo óptico. Estes receptores são: os cones, células especializadas para a visão das cores, e os bastonetes que são células responsáveis em escurecer a luz [20].

O olho humano normal é uma estrutura biológica composta por vários meios físicos transparentes (ou aproximadamente transparentes) por onde a luz passa até chegar na retina. É como pode ser visto e confirmado na (fase ou cena) um do ViewDef VR: o usuário movimentar-se para a frente e para trás, Fig.5a, saindo de antes do objeto, Fig. 5b, passando pelas estruturas do olho até chegar na retina, onde se encontra a imagem do objeto, vide Fig. 5c.

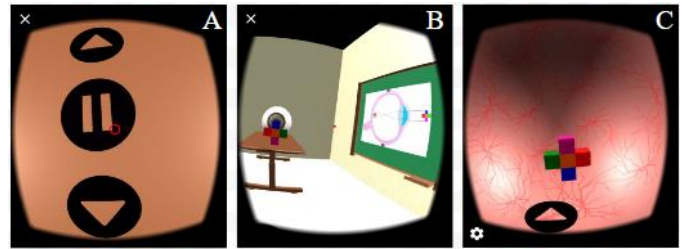


Figura 5. a) imagem seleção de deslocamento; b) inicial antes de movimentar-se até a retina; c) imagem do objeto dentro do olho localizado sobre a retina.

No entanto é comum encontrar falhas nesta estrutura, o que dá origem aos defeitos da visão. Neste trabalho é discutido os três problemas mais comuns encontrados em livros didáticos [21] [22] [23] [24] [25], que são a miopia, a hipermetropia e o astigmatismo, cujas correções são feitas por meio de lentes. Na cena inicial do jogo encontramos na lousa a imagens de quatro olhos, onde o primeiro é o olho normal e os três possuem os defeitos da visão, vide Fig. 6.



Figura 6. menu com as fases representadas pelos olhos e os símbolos para cada um dos problemas de visões abordados no software, o olho normal (1º superior à esquerda), miopia (2º superior à direita), astigmatismo (1º inferior à esquerda) e hipermetropia (2º inferior à direita).

Ao selecionar cada uma das opções com um dos defeitos de visão, o usuário é colocado em uma fase na qual pode identificar o local onde a imagem está formada e é levado a identificar o defeito e selecionar qual a lente responsável

pela sua correção. Por exemplo, ao selecionar o olho míope, que tem um tamanho maior que o normal e faz com que a imagem seja formada antes da retina, o usuário tem que identificar que a imagem está sendo formada antes da retina, Fig. 7a, o que pode ser feito indo até ela e/ou observando uma lousa que está na cena e que contém a representação 2D deste fenômeno. Após a identificação, o usuário seleciona a lente divergente para que haja a correção deste problema, Fig. 7b.

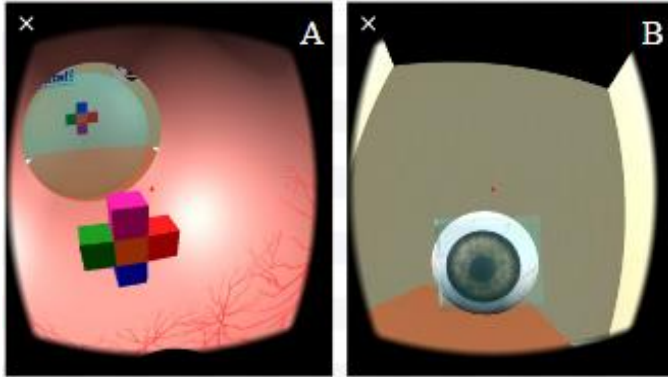


Figura 7. Cena do olho míope, a) imagem focalizada antes da retina, b) lente corretiva divergente selecionada e posicionada.

Ao selecionar a opção que é a hipermetropia, onde o olho possui um tamanho menor que o normal fazendo com que a imagem seja formada após a retina, conforme Fig. 8a, o usuário terá que utilizar a lente convergente de modo a reposicionar a imagem sobre a retina, para que a mesma fique focalizada corretamente, Fig. 8b.

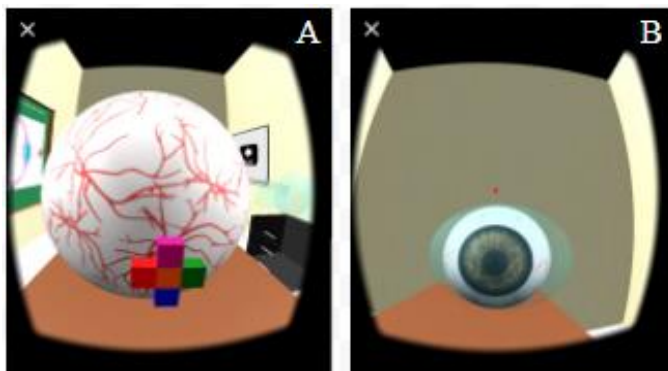


Figura 8. Cena do olho hipermetrope, a) imagem focalizada depois da retina, b) lente corretiva convergente selecionada e posicionada.

Quando é selecionado o olho com astigmatismo, o usuário encontra a imagem sendo formada na retina de forma embaralhada, aparentemente borrada devido à forma não esférica da córnea, Fig. 9a. Logo, para a correção do problema, deve-se selecionar a lente cilíndrica, Fig. 9b.

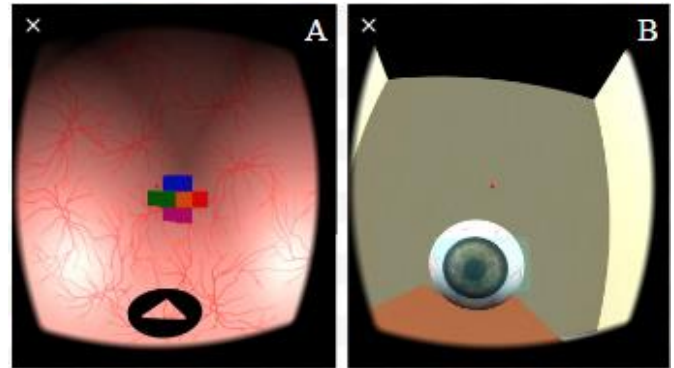


Figura 9. Cena do olho com astigmatismo, a) imagem focalizada na retina, porém está borrada ou desfocada, b) lente corretiva cilíndrica selecionada e posicionada.

IV. METODOLOGIA

Para a criação do software utilizou-se a plataforma de desenvolvimento em tempo real, *Unity*² no modo 3D e para se ter a portabilidade de Realidade Virtual, foi preciso importar o *plugin* do *GoogleVR*³ na plataforma. Necessita-se também que a máquina de desenvolvimento tenha o *SDK do Android*⁴ instalando, colocando o caminho do arquivo correto dentro da *Unity*. Na produção dos *scripts*, a linguagem orientada a objetos C# foi utilizada.

Já na modelagem de objetos 3D, alguns foram produzidos dentro da própria plataforma *Unity*, outros foram modelados na ferramenta *Blender 3D*⁵ e alguns objetos que constituem as cenas foram utilizados do *BlendSwap*⁶, um banco de objetos 3D. Na parte 2D, edição de imagens, foi utilizado o *CorelDRAW*⁷ (versão de avaliação) e o *Adobe Photoshop*⁸.

Na execução do aplicativo no smartphone, como já dito, exige-se que o aparelho tenha os sensores: giroscópio e acelerômetro. Também utilizou o dispositivo móvel acoplado ao Óculos de Realidade Virtual

V. TESTE DE USABILIDADE

Os testes de usabilidades visam identificar falhas na confecção dos aplicativos. Estes testes buscam descobrir não erros no funcionamento, mas sim problemas nas sequências de comandos e de iterações software-usuário, além de identificar problemas com ícones, botões e padrões de funcionamento [26]. Segundo Abreu [27] a usabilidade é alcançada quando um produto ou serviço é realmente utilizável, isto é, o indivíduo pode fazer o que ele quer da forma como ele espera ser capaz de fazê-lo, sem entraves, hesitação ou perguntas.

Assim, os testes se deram por meio da utilização de smartphone acoplado aos óculos VR. Nos testes os usuários não tinham uma sequência a ser seguida e ao final da utilização do software, cada um respondeu ao questionário. Os participantes eram alunos do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física e alunos do sétimo período do curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal de Alfenas.

Para o desenvolvimento do questionário foi utilizada a escala Lickert [27], com resposta de 1 a 5, sendo 1 discordo totalmente e 5 concordo totalmente.

A partir disto foram feitas 9 afirmações, que buscavam identificar problemas de interface gráfica, de utilização e de

² <https://unity.com/pt>

³ <https://developers.google.com/vr/download>

⁴ <https://developer.android.com/studio>

⁵ <https://www.blender.org/>

⁶ <https://www.blendswap.com/>

⁷ <https://www.coreldraw.com/br/?link=wm/>

⁸ <https://www.adobe.com/br/products/photoshop.html>

VI. CONCLUSÃO

identificação de padrões. Dessa forma, as afirmações são: 1) sobre a facilidade na identificação do menu de fases da tela; 2) sobre a identificação das lentes corretivas dentro das fases; 3) identificar qual o defeito da visão em cada fase; 4) identificar botão de voltar para a cena inicial; 5) identificação das partes do olho humano; 6) o auxílio da imagem na lousa dentro de cada fase para descobrir o defeito de visão e 7) a posição da imagem está condizente com o defeito de visão abordada na fase, tiveram notas que as acima de 3 mostrando que não houve problemas nestes itens.

Já para a afirmação relacionada com a posição do menu de movimentação foi uma na qual a pontuação teve-se uma maior variação, como mostra o Gráfico 1, que demonstrou uma insatisfação na forma de movimentação e seleção do menu.



Gráfico 1. Pontuações sobre o funcionamento do menu de movimentação.

Outra afirmação que gerou uma pequena variação foi: a forma de movimentação dentro das fases é intuitiva, onde alguns, não a maioria, discordaram com esta afirmação o que caracteriza uma pequena falha deste item que pode ser melhorado.



Gráfico 2. Pontuações sobre o funcionamento da movimentação dentro das fases.

De modo geral, pode se dizer que os itens avaliados tiveram uma boa aceitação. Exceto os itens ligados a movimentação, posição do menu e forma de movimentação. Estes itens são os primeiros a serem estudados com a intenção de encontrar outras formas de corrigir, para testes e aplicações futuras.

Como relatado anteriormente, o uso da tecnologia é cada vez mais importante para auxiliar o aluno na busca ao conhecimento e utilizar a RV é uma alternativa para abordar conteúdos que são abstratos ou que necessitam de uma representação tridimensional, com o caso da Óptica Geométrica e outras áreas não apenas na física.

Assim, ao utilizar o smartphone de forma efetiva neste processo junto com os Óculos VR, promove-se ao aluno a imersão em um ambiente virtual no qual tem-se a interação com os objetos das cenas, tornando-se atrativo para o aluno.

Desta forma, buscou-se criar um software para o ensino de física mostrando para alunos e professores que é possível utilizar o smartphone de maneira positiva dentro de salas de aula. Além disso, o ViewDef VR, busca sanar a dificuldade no ensino-aprendizagem de Óptica Geométrica. Sendo o mesmo, um software educacional que utiliza os Óculos VR para apresentar como a imagem é formada no olho humano, os defeitos da visão e suas lentes corretivas.

A partir do teste de usabilidade, descobriu-se que há algumas melhorias para serem feitas, principalmente em relação ao posicionamento e forma de seleção do menu de movimentação, pois foram os itens com menor pontuação e que os usuários demonstraram maior insatisfação.

Pode-se dizer que, o ViewDef VR irá auxiliar os professores a abordar o conteúdo de maneira mais lúdica, saindo do ensino tradicional e fazendo do aluno parte do processo e não mais um expectador.

Para trabalhos futuros pretende-se melhorar a parte de movimentação do software, incluir novas mensagens para auxiliar o usuário e apresentar informações sobre cada parte do olho. Além de fazer outros testes, como o de usabilidade e aplicabilidade, com alunos do ensino médio.

REFERÊNCIAS

- [1] Knüppe, L. Motivação e desmotivação: desafio para as professoras do Ensino Fundamental. *Educar em Revista* [online], Curitiba, n. 27, p. 277-290, ISSN 0104-4060. 2006.
- [2] Dias, J. G., Miranda, D. L. P., Magalhães, R. A. Franca, J. R., Santos, J. A. D.; O uso do smartphone como recurso no ensino de física. Instituto Federal Norte de Minas Gerais - Campus Almenara. SIC. 2017.
- [3] Cardoso, A., Kirner, C., Júnior, E. L., & Kelner, J. Tecnologias e ferramentas para o desenvolvimento de sistemas de realidade virtual e aumentada. Editora Universitária UFPE, p. 1-19. 2007.
- [4] Parreira, R. T., Camargo, V. A. X., Rocha, B. M., Nogueira, E. A., Horbylon, T., N., M. S. F., & Ribeiro, M. W. S. Sistema de Ensino de Física Óptica Geométrica da Reflexão em Espelhos Usando Realidade Virtual. *Anais do WRVA*, p. 214-218. 2010.
- [5] Young, H. D. Sears e Zemansky, Física IV, 10 ed. São Paulo: Addison Wesley, v.4. 2004.
- [6] Santos, M. A. da S., Olho humano: um instrumento óptico. Acessado em 22 de julho de 2019. <<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/olho-humano-um-instrumento-optico.htm>>
- [7] Pinheiro, N. A. M., Silveira, R. M. C. F., & Bazzo, W. A. Ciência, tecnologia e sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do ensino médio. *Ciência & Educação*, 13(1), p. 71-84. 2007.
- [8] Palacio, R. F. Realidade aumentada, realidade virtual e o ensino de óptica geométrica: O relato de uma experiência. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Física) - Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 32f. 2015.

- [9] Vasconcelos, F. H. L. et al. A utilização de software educativo aplicado ao ensino de Física com o uso da modelagem. Simpósio Nacional de Ensino de Física, v. 16, p. 1-4. 2005.
- [10] Pinho, M. S., Realidade Virtual como Ferramenta de Informática na Educação. Instituto de Informática/Centro de Informática na Educação PUCRS. Acessado em 30 de julho de 2019. <http://grv.inf.pucrs.br/tutorials/realidade-virtual-como-ferramenta-informatica-na-computacao/#_Toc423520339>
- [11] Seidel, R. J., Chatelier, P. R. Virtual Reality Training's Future: Perspectives on Virtual Reality and Related Emerging Technologies. Perseus Publishing, v. 6, ISBN 0306454866. 1997.
- [12] Botega, L. C.; Cruvinel, P. E. Realidade virtual: histórico, conceitos e dispositivos. Embrapa Instrumentação-Capítulo em livro científico (ALICE). 2009.
- [13] Pinho, M. S.; Kirner, C. Uma Introdução à Realidade Virtual. Acessado em 20 de Julho de 2019. <<http://grv.inf.pucrs.br/tutorials/introducao-a-realidade-virtual/>>
- [14] Google. Google Cardboard. Acessado em 02 de agosto de 2019. <<https://vr.google.com/cardboard/get-cardboard/>>
- [15] Hu, X., Su, R., & He, L. The Design and Implementation of the 3D Educational Game Based on VR Headsets. In: 2016 International Symposium on Educational Technology (ISET). IEEE, p. 53-56. 2016. (Traduzido pelo autor).
- [16] Hatzikraniotis, E. et al. Optilab: Design and development of an integrated virtual laboratory for teaching optics. Virtual laboratories. 2007.
- [17] Martins, V. F. et al. Estratégia de Desenvolvimento, Implantação e Avaliação do uso da Realidade Virtual na Educação: Estudo de Caso na área de Português. Revista de Informática Aplicada, v. 10, n. 1. 2014.
- [18] Lobo, H. et al. Software Educativo para el Aprendizaje de la Óptica. Revista Academia, v. 7, n. 15, p. 86-115. 2009.
- [19] Silva, A. et al. Anatomia Digital: Um ambiente virtual de apoio ao processo ensino-aprendizagem. In: Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE), p. 745. 2017.
- [20] Durán, J. E. R. Biofísica: fundamentos e aplicações. Prentice-Hall. p. 271-290. 2003.
- [21] Sears, F. W. Física universitária. Pearson educación. v. 1, p. 69-72. 2004.
- [22] Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. Fundamentos de Física. 4 volumes. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos. 2009.
- [23] Máximo, A., Alvarenga, B., & Guimarães, C. Física: contexto & aplicações. v. 2, 1 ed. São Paulo. 2014.
- [24] Torres, C. M. A., Ferraro, N. G., Soares, P. A. D. T., & Penteado, P. C. M. Física: ciência e tecnologia. São Paulo: Moderna, v. 2, 4 ed. 2016.
- [25] Barreto Filho, B., & Silva, C. X. Física aula por aula. Termologia, Óptica e Ondulatória, v. 2, 2 ed. 2016.
- [26] Nielsen, J. Usabilidade móvel. Elsevier Brasil. 2016.
- [27] Abreu, A. C. B. Avaliação de usabilidade em softwares educativos. Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, Ceará, Brasil. 2010.