

LIVRO INTERATIVO PARA A COMPONENTE CURRICULAR FÍSICA, NO CURSO TÉCNICO EM INFORMÁTICA INTEGRADO AO ENSINO MÉDIO: APLICATIVO COM REALIDADE AUMENTADA EM DISPOSITIVOS MÓVEIS

INTERACTIVE BOOK FOR THE PHYSICAL CURRICULAR COMPONENT, IN THE TECHNICAL COURSE IN COMPUTING INTEGRATED TO MIDDLE SCHOOL: APPLICATION WITH REALITY INCREASED IN MOBILE DEVICES

Data de entrega dos originais à redação em: 17/09/2017
e recebido para diagramação em: 15/02/2018

Marcelo Pereira Bergamaschi ¹
Maria das Neves Farias Dantas Bergamaschi ²
Pedro de França Pereira ³ Pedro Guerra Lourenço ⁴

A realidade aumentada vem ganhando uma boa visibilidade no mundo da tecnologia desde 1990 e atualmente pode ser implementado em diversas áreas do conhecimento. Um campo que pouco explora essa tecnologia, moderna e acessível, é o campo da educação. Baseando-se nisso, esse trabalho busca apresentar a realidade aumentada ao ambiente escolar e explorar novas formas de utilização dos dispositivos móveis na sala de aula (especificamente do ensino médio). Um projeto foi conduzido por estudantes do ensino médio e técnico visando auxiliar alunos na compreensão de conceitos e fundamentos da física – um conteúdo que se mostra de difícil compreensão por parte da maioria dos estudantes – através de um aplicativo Android que faz uso da realidade aumentada, transformando o livro didático de física em um livro interativo, oferecendo uma maneira mais clara de visualizar e ensinar os conteúdos de física através da simulação de seus conceitos e experimentos em situações virtuais com objetos, animações e a possibilidade de interação com os usuários do aplicativo. Os primeiros testes com o aplicativo já apresentaram bons resultados de desempenho e funcionalidade. Ademais, há sinais de que ele terá boa aceitação por parte do público-alvo caso seja implementado às aulas do dia a dia.

Palavras-chave: Livro Interativo de Física. Educação e Realidade Aumentada. Aplicativo Android.

The augmented reality has been obtaining considerable visibility in the technology world since 1990 and, nowadays, it can be implemented in many fields of knowledge. One that does not explore much this technology, which is modern and accessible, is the educational field. Based on that, this work intends to introduce the augmented reality to the school environment and explore now ways of utilizing mobile devices in the classroom (specifically in the high school). A project was conducted by high school and technical course students with the objective of helping students on the comprehension of some physics fundamentals – a subject that has been proven to be hard to understand – through an app that uses augmented reality to transform the physics textbook into an interactive book, offering a clearer way of visualizing and teaching the subject through the simulation of its concepts and experiments in virtual situations with objects, animations and the possibility of interacting with the app user. The first tests using the app have presented good performance and functionality results. Moreover, there are signs that the app would be well accepted by the target audience if implemented in day-to-day classes.

Keywords: Interactive Physics Book. Education and Augmented Reality. Android App.

1 INTRODUÇÃO

Pode-se dizer que a realidade aumentada é uma tecnologia que vem se tornando cada vez mais funcional e presente na nossa sociedade, sendo já utilizada em diversas áreas do conhecimento, como educação, medicina, engenharia, entretenimento, arquitetura, manutenção, turismo e robótica. Entretanto, apesar de que as tecnologias que utilizam de realidade aumentada vêm se desenvolvendo desde 1950 com a criação do *Sensorama*, desenvolvido pelo diretor de cinema Morton Heilig, (TURI, 2014), ainda há muito envolvendo essa tecnologia para ser explorado.

Tendo isso em vista, o projeto ao qual esse artigo se refere buscou implementar essa tecnologia no campo da educação, uma área que, atualmente, não usufrui muito da realidade aumentada e seus benefícios.

Nota-se que os estudantes do ensino médio apresentam grandes dificuldades na compreensão de algumas matérias ensinadas na escola, com destaque para física (uma das mais problemáticas). Visando melhorar o desempenho dos alunos do IFSP de Cubatão nessa matéria e facilitar o trabalho do professor ao ensiná-la, foi desenvolvida uma ferramenta de apoio ao ensino que utiliza da realidade aumentada para criar uma maior interação com o livro didático de física e, conseqüentemente, criar uma nova abordagem de ensino, mais visual e dinâmica, se aproveitando de tecnologias pouco exploradas na área.

O projeto destina-se a explorar novas formas de utilização de dispositivos móveis em aula, utilizando as funcionalidades e vantagens que a realidade aumentada, ao lado de um dispositivo amplamente utilizado por

1 - Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de São Paulo, Campus Cubatão. <berga@ifsp.edu.br >.

2 - Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de São Paulo, Campus Cubatão. <maria.bergamaschi@ifsp.edu.br >.

3 - Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de São Paulo, Campus Cubatão. <pedro.fp@hotmail.com >.

4 - Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de São Paulo, Campus Cubatão. <pedroguerralourenco@gmail.com >.

estudantes (principalmente jovens), pode trazer às aulas – especificamente de física – para facilitar a compreensão da matéria ministrada.

Tem-se como objetivo desse projeto auxiliar alunos e professores durante as aulas de física, aprimorando o desenvolvimento das aulas, explicação de conteúdos e demonstração de conceitos. Para atingir tal objetivo, um aplicativo para dispositivos móveis, como *smartphones* e *tablets*, que faz uso da realidade aumentada foi desenvolvido, programado para interagir com o livro de física utilizado pelos alunos do Instituto Federal e com isso transformá-lo em um livro interativo que é capaz de gerar uma visualização tridimensional virtual das figuras presentes no livro através da tela de um dispositivo móvel com sistema *Android*, utilizando da realidade aumentada. Em outras palavras, o aplicativo busca oferecer uma visualização mais clara e aberta de conceitos relacionados à física através de um aplicativo capaz de ser instalado em praticamente qualquer dispositivo móvel (com sistema operacional *Android*).

Além disso, o desenvolvimento desse projeto também tem como objetivo apresentar a estudantes e professores conceitos básicos da realidade aumentada, ensiná-los a desenvolver aplicações que utilizem dessa tecnologia por conta própria – já que a realidade aumentada tem um grande potencial para crescer cada vez mais no mercado – e despertar nos estudantes um maior interesse por física e, possivelmente, por programação e desenvolvimento.

2 UM POUCO SOBRE A REALIDADE AUMENTADA

Junto da realidade virtual, a realidade aumentada representa uma ferramenta de imersão do usuário em um ambiente tridimensional virtual através da computação gráfica. Entretanto, diferente da realidade virtual, a realidade aumentada faz com que o usuário presencie o mundo real misturado à objetos virtuais (KIRNER, 2009).

De acordo com Ronald Azuma (1997), existem três aspectos que definem se um sistema é de realidade aumentada ou não. O sistema deve apresentar:

- 1 - Combinação entre mundo real e virtual;
- 2 - Interação em tempo real;
- 3 - Registro em três dimensões (3D).

Com essa definição, os componentes essenciais da realidade aumentada são preservados, enquanto torna-se possível incluir nessa definição uma grande variação de tecnologias.

Existem diversos dispositivos de realidade aumentada. Eles podem ser divididos em categorias de acordo com seu posicionamento em relação à exibição das imagens (AZUMA et al., 2001) (KREVELEN, 2007), entretanto, o mesmo dispositivo pode ser colocado em diversas categorias dependendo da forma como é usado – como é o caso dos dispositivos móveis – são elas:

• **HWDs (do inglês, Head-Worn Displays):** *displays* usados na cabeça que projetam imagens nos olhos do usuário. Entre eles, temos os *HMDs* (do inglês, *Head-Mounted Display*): dispositivos usados na cabeça, como capacetes ou óculos, que utilizam combinadores e espelhos para exibir informações a uma curta distância dos olhos do usuário; *HMPDs* (do inglês, *Head Mounted Projection*

Displays): Similares aos *HMDs*, porém apresentam uma tela retro reflexiva, em vez de uma tela de difusão (que funciona como um “filtro de luz”), e um sistema de projeção (imagem projetada na lente) no lugar de lentes oculares; e os *VRDs* (do inglês, *virtual retinal displays*): dispositivos que projetam diretamente na retina os objetos virtuais através de *lasers* e espelhos microeletrônicos.

• **Hand-Held Displays:** dispositivos de pequeno porte, ou seja, possíveis de serem carregados nas mãos, como celulares e *tablets*. Dependendo do dispositivo, ele é capaz de exibir os objetos virtuais ao usuário através de tecnologias de visão ótica direta, visão por vídeo direta ou visão por vídeo indireta (projeção). Contudo, é mais comum os sistemas dessa categoria serem de realidade aumentada com visão direta por vídeo.

• **Spacial/Projection Displays:** sistemas que projetam informações e objetos virtuais diretamente no ambiente real sem o auxílio de acessórios, como óculos de realidade aumentada. Esses dispositivos apresentam interação limitada com o usuário. Alguns exemplos de dispositivos dessa categoria são os *Head-Worn projectors* (projetores em capacetes) e os *Head-Up Displays* (*HUD*, projetores em painéis).

Além dessa categorização das tecnologias, os sistemas de realidade aumentada ainda são divididos em dois outros grupos. Aqueles que utilizam de marcadores (alvos) como referências para posicionar objetos virtuais no ambiente real e aqueles que não necessitam disso. Esses marcadores são imagens ou até objetos reais que atuam como ponto de referência do sistema para sobrepor o cenário real com elementos virtuais. O marcador é identificado pelo dispositivo de realidade aumentada, interpretado e então usado como base para o posicionamento de um objeto virtual (como se estivesse fisicamente sobre o marcador).

Nos sistemas que não necessitam de marcadores são usados certos componentes eletrônicos para determinar a posição do dispositivo no mundo real, para onde ele está apontando (“olhando”) e em que eixos está operando. Os dados obtidos são comparados a uma base de dados para situar o local onde o dispositivo se encontra e então ser capaz de adicionar elementos virtuais com mais precisão no ambiente real (PANTAS, 2013).

3 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Como mencionado anteriormente, o projeto, que foi desenvolvido por alunos do ensino médio e técnico, visa aprimorar o ensino de física nas escolas através de um aplicativo de realidade aumentada utilizado em dispositivos móveis que é capaz de reconhecer as páginas do livro didático e projetar sobre elas objetos virtuais referentes ao assunto tratado na página, assim buscando facilitar a visualização de diversos conceitos da física (ótica, magnetismo, gravitação, cinemática e outros) e, consequentemente, o entendimento de tais conceitos.

A realização do projeto deu-se em quatro partes principais:

3.1 Pesquisa bibliográfica e fundamentação teórica sobre realidade aumentada, dispositivos móveis, Unity, Vuforia e Blender:

Esse primeiro passo deu-se antes do desenvolvimento do aplicativo em si. A realização de pesquisas foi algo

imprescindível para adquirir o conhecimento necessário para desenvolver um bom aplicativo. Primeiramente, foram realizadas pesquisas sobre os fundamentos, história, conceitos e aplicações da realidade aumentada e dos dispositivos móveis. Em seguida, já voltado para a realização do aplicativo, foi necessário buscar informações sobre os *softwares* que seriam utilizados para efetivamente desenvolver o aplicativo, aprendendo sobre suas ferramentas e funcionamento.

Além de estudar sobre os *softwares* que seriam utilizados, foi elaborado, em paralelo ao desenvolvimento do aplicativo, um guia para auxiliar pessoas comuns na criação de um aplicativo simples de realidade aumentada, tratando desde a instalação dos *softwares* necessários até a conversão do aplicativo em um arquivo APK (*Android Package*), porém sem ensinar a fundo sobre a modelagem e conversão dos objetos virtuais.

Os *softwares* estudados e usados durante o desenvolvimento do projeto foram:

3.1.1. Unity (Personal): uma das versões da *engine* "Unity", desenvolvida pela *Unity Technologies*. Essa *engine* é uma das mais utilizadas atualmente no desenvolvimento de jogos. Ela apresenta uma série de ferramentas voltadas para o design e desenvolvimento de aplicativos e cenas em duas e três dimensões e uma interface muito amigável. Além disso, apresenta uma capacidade de renderização muito satisfatória, permitindo ao desenvolvedor aproveitar das últimas melhorias de GPU e *hardware*, como o *DirectX 12* ou o *Nvidia Vulkan*. Projetos desenvolvidos no *Unity* apresentam ótima performance e adaptabilidade (baseado nos testes realizados durante o projeto e os dados fornecidos pela *Unity Technologies* em seu *site*), já que o *Unity* permite o desenvolvimento de projetos para diversas plataformas, como *iOS*, *Android*, *Playstation 4*, *Windows Phone*, *Windows*, *Mac*, *Linux*, *Xbox One*, *Nintendo Wii U*, *Samsung Smart TV*, *Steam VR* e muito mais. Essa *engine* possibilita que tanto usuários comuns quanto desenvolvedores profissionais sejam capazes de usufruir do *software* e desenvolvam aplicações. Outra característica que torna o *Unity* uma ótima *engine* é a capacidade de adicionar extensões que acrescentam novas funcionalidades à plataforma, adequando-a melhor a cada projeto. O *Unity* ainda apresenta diversos outros recursos, como a possibilidade de importar criações externas para dentro do seu projeto – como a importação de modelos 3D criados no *Blender* – uma loja de modelos, *scripts*, ferramentas e outros chamada "*Unity Asset Store*" e a análise de dados importantes do seu projeto sem a necessidade da instalação de um *SDK* (do inglês, *Software Development Kit*) através do "*Unity Analytics*" (*UNITY TECHNOLOGIES*, 2017).

3.1.2. Vuforia: é um *SDK* (*Software Development Kit*) desenvolvido pela *PTC* para o desenvolvimento de aplicações que utilizem realidade aumentada, voltado para dispositivos móveis. Essa *SDK* pode ser importada para dentro do *Unity* e permite a criação de aplicações para diversas plataformas, como sistemas *iOS*, *Android* e até o *Microsoft HoloLens*. O *Vuforia* permite o reconhecimento e rastreamento de alvos (marcadores ou *VuMarks*) para então sobrepô-los com elementos virtuais devidamente referenciados àqueles alvos. Esses elementos podem apresentar diversos formatos (plano, cilíndrico, textos

e formas mais complexas). Os alvos são gerenciados através do *Vuforia Target Manager*, uma base de dados, que mais tarde deve ser importada para dentro do projeto, disponível no site do *Vuforia* para desenvolvedores (developer.vuforia.com), onde são armazenadas as imagens que servirão de alvos. O *Vuforia* também permite o armazenamento de alvos na nuvem (serviço chamado de "*Vuforia Cloud Recognition Service*") e a criação de aplicativos sem o uso de marcadores (*TPC Inc.*, 2017).

3.1.2. Blender: é um *software* (gratuito e de código aberto) desenvolvido pela *Blender Foundation* voltado para modelagem, composição, animação, simulação, texturização, renderização, edição de vídeo e desenvolvimento de aplicações 3D, como jogos. O *Blender* é um *software* multiplataforma que apresenta ótimas ferramentas de animação, materiais, modelagem e composição de imagens ou vídeos. (*BLENDER FOUNDATION*, 2017)

Com todas as informações provenientes das pesquisas foi elaborado um artigo mais extenso tratando desses assuntos, expondo ao público o que foi aprendido sobre a realidade aumentada, além do guia que ensina um usuário comum os primeiros passos para se desenvolver um aplicativo de realidade aumentada, procurando atingir um de nossos objetivos secundários com isso (atrair o interesse das pessoas para o desenvolvimento de aplicações).

3.2 Análise e escolha do livro didático para o qual o aplicativo seria desenvolvido:

O projeto foi desenvolvido por alunos do ensino médio, portanto a escolha do livro que seria o foco do projeto foi baseada nos resultados que eram obtidos pelos alunos do ensino médio nas matérias escolares e seus comentários sobre elas. Além disso, a quantidade e qualidade das imagens em cada livro, as quais se tornariam marcadores e seriam relacionadas a objetos virtuais, influenciaram na decisão.

Depois que o assunto foi devidamente discutido entre os integrantes do projeto, a matéria escolar e o livro didático que seriam o foco do projeto foram decididos. Optou-se pelo livro didático de física: "Física para o ensino médio 2", (figura 1), de Kazuhito Y. e Fuke L.

3.3. Criação dos modelos 3D utilizados no aplicativo;

Após a escolha do livro-foco do projeto, começou-se a desenvolver os modelos 3D que seriam projetados sobre as páginas do livro através da tela de um dispositivo móvel, utilizando realidade aumentada.



Figura 1 – Livro didático de física escolhido

Os modelos 3D foram feitos com o uso do *Blender*, evidenciados nas figuras 2 e 3. Foi preciso realizar pesquisas para aprender o funcionamento do *software*

e de suas ferramentas para então começar a modelar os objetos virtuais.

Foram criados objetos de baixa complexidade, com simples recursos de texturização, e animações curtas baseadas em conceitos e experimentos da física.

Finalizada a modelagem de cada objeto virtual, estes foram importados para dentro do *Unity*, onde o aplicativo seria efetivamente criado.

3.4. Desenvolvimento e programação do aplicativo dentro do Unity.

Finalmente, com os modelos 3D prontos, foi necessário preparar o ambiente de desenvolvimento, no caso o *Unity*, importando o pacote do *Vuforia*, os modelos 3D e o pacote dos marcadores, sendo eles as imagens presentes no livro didático de física. As imagens que servirão como marcadores ficam armazenadas em um banco de dados que

é disponibilizado pelo *Vuforia*, o qual também é responsável pela atribuição dos pontos de referência (reconhecimento) na imagem, para que ela seja identificada pelo aplicativo e referencie ao objeto virtual relacionado a ela.

Feito isso, o aplicativo foi estruturado e devidamente programado, unindo-o aos pacotes já importados.

Para gerar uma maior interação com o usuário, foram adicionados botões virtuais e animações a determinados elementos dentro do aplicativo. Usou-se da linguagem C# para programar os *scripts* referentes a parte das interações geradas no aplicativo.

Durante o desenvolvimento do aplicativo, foram realizados testes em *smartphones* e no próprio computador, utilizando a *webcam* do computador ou a câmera dos *smartphones* para capturar as páginas do livro e projetar os objetos virtuais, como demonstra a figura 4.

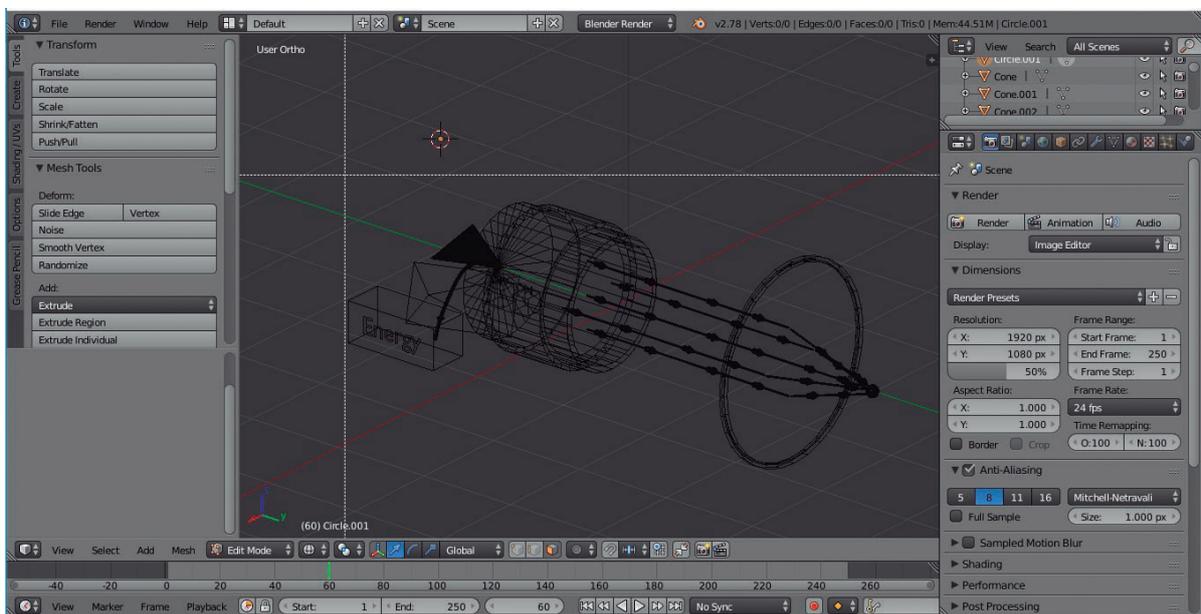


Figura 2 – Interface do Blender. Modelando holofote, lente e raios de luz

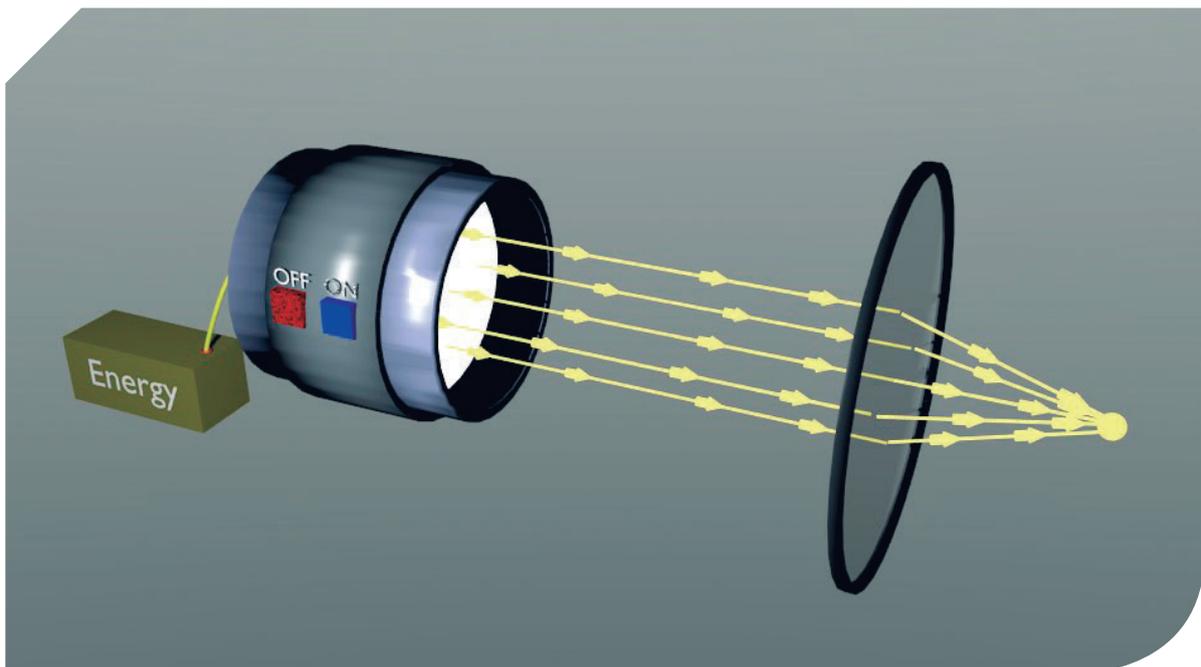


Figura 3 – Modelo simples renderizado dentro do Blender

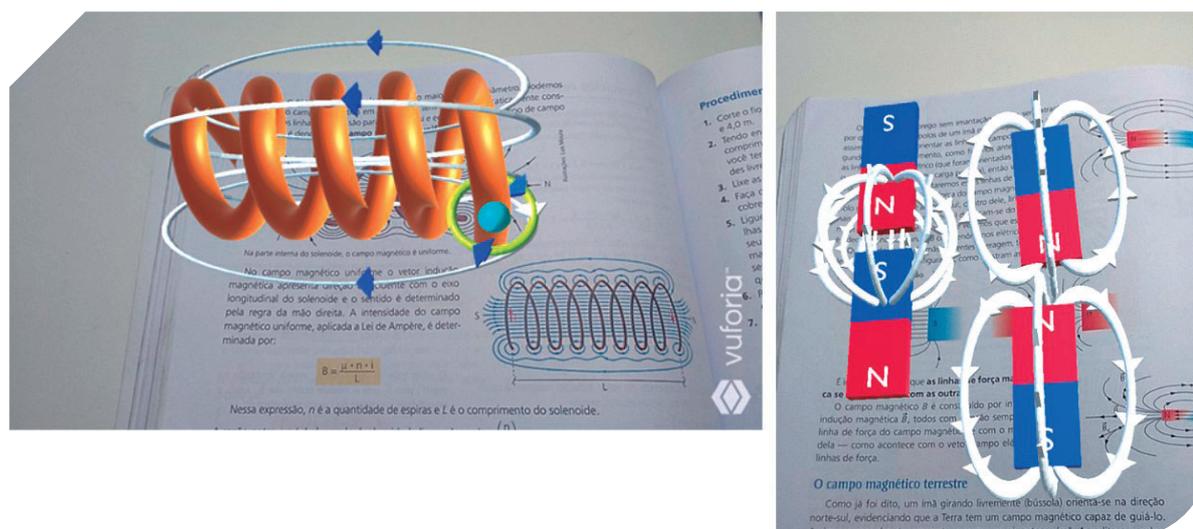


Figura 4 – Objetos virtuais projetados sobre páginas do livro de física. Uso do aplicativo desenvolvido durante o projeto

4 RESULTADOS

O aplicativo está em processo de desenvolvimento, mas já foi possível obter um retorno positivo por parte dos estudantes do 1º ano e seu professor de física após a realização de uma apresentação do aplicativo no auditório do Instituto Federal. Eles mostraram-se favoráveis a implementação do aplicativo em sala de aula. Foi disponibilizado, através do *Google Drive*, uma versão de teste do aplicativo para os alunos que assistiram à apresentação.

Como citado anteriormente, já foram realizados testes com os *smartphones* e computadores dos próprios integrantes do projeto. Esses testes foram realizados em um ambiente adequado, com boa luminosidade, e os marcadores (imagens) do próprio livro didático (como deve ocorrer em sala de aula) e já é possível afirmar que o sistema de rastreamento aparenta ser bom (desde que referenciado a um alvo de qualidade), mantendo os elementos virtuais sobre os alvos com precisão, independentemente da movimentação da tela ou da página. Entretanto, as imagens do livro didático não apresentam muito contraste para servirem como bons marcadores, o que torna um pouco mais difícil o reconhecimento dos alvos. Com base nesses testes foi elaborada uma tabela mostrando o tempo de resposta do sistema ao ser apontado para diferentes marcadores em diferentes níveis de luminosidade.

Tabela 1 – Resultados dos testes de tempo de resposta dos marcadores em diferentes condições de luz

Marcadores	Luz Ruim	Luz Média	Luz Ótima
Marcador 1	3.09s	1.81s	0.94s
Marcador 2	X	3.52s	3.48s
Marcador 3	X	2.69s	2.66s

Pode-se concluir que o aplicativo se mostrou funcional e eficiente nos dispositivos em que foi testado, sendo executado com pouquíssimos momentos de lentidão e respostas precisas e rápidas por parte dos dispositivos.

Com base nesses resultados, espera-se que o desempenho observado nos testes já feitos seja observado também ao testar em outros dispositivos (do público geral).

Futuramente, com a finalização do aplicativo e disponibilização para um público mais amplo, discute-se a elaboração de um novo artigo, expondo um *feedback* mais sólido em relação a aceitação, funcionalidade, aplicabilidade e outros.

Não é possível determinar ainda o quão efetivo será a implementação do aplicativo em sala de aula, porém, com base na primeira demonstração do aplicativo para o público, acredita-se que ele terá uma boa aceitação por parte dos estudantes e professores, tornando o estudo da física algo mais interessante, fácil e interativo através da utilização do aplicativo, desenvolvido com o objetivo de gerar uma visualização mais clara de conceitos referentes a diversos temas dentro da física, como gravitação, cinemática e magnetismo, e assim tornar mais fácil sua compreensão. É esperado que o aplicativo passe a ser usado nas aulas de física como uma ferramenta de apoio ao ensino, transformando a maneira com que as aulas são ministradas e possivelmente atraindo uma maior atenção dos estudantes para a física e para o desenvolvimento de aplicativos (com e sem o uso da realidade aumentada). O guia ensinando os primeiros passos para começar

a desenvolver uma aplicação de realidade aumentada para dispositivos *Android* e o básico sobre modelagem 3D e sobre o *software Blender* é um outro motivador para incentivar os alunos a se interessarem por programação e modelagem

Para um aplicativo que utiliza de uma quantidade mediana de modelos 3D (20, até o momento) e utiliza realidade aumentada, ele vem utilizando pouca memória e processador dos *smartphones*, sem travamentos que comprometam de qualquer forma a experiência, mantendo a qualidade esperada.

Acredita-se que a implementação desse aplicativo no instituto no qual deu-se esse projeto abrirá portas para o uso de novas tecnologias no ambiente escolar.

Os métodos de ensino de hoje ainda se mostram através dos avanços tecnológicos e receosos em adotar novas tecnologias que possam auxiliar o ensino, tornando-o mais proveitoso, interessante, moderno e interativo.

5 CONCLUSÃO

Já é possível concluir que o processo de desenvolvimento do aplicativo não apresenta muita complexidade. Os *softwares* utilizados apresentam uma *interface* muito amigável e a programação feita manualmente em cima do aplicativo é mínima, pois os próprios *softwares* são responsáveis por sua maior parte. A modelagem dos objetos tridimensionais é a que requer maior conhecimento sobre o assunto, entretanto, é possível utilizar modelos pré-fabricados por outras pessoas e que são disponibilizados gratuitamente na loja do próprio *Unity (Asset Store)*. Logo, um usuário comum é capaz de desenvolver um simples aplicativo com o uso do *Unity*, desde que ele tenha no mínimo um entendimento básico do que ele está fazendo – o que pode ser alcançado com o guia desenvolvido durante esse projeto.

Em dispositivos Android de desempenho intermediário o aplicativo apresentou resultados muito satisfatórios, sem grandes dificuldades apresentar qualquer modelo 3D, executar animações ou responder a interações mais elaboradas. Além disso, o rastreamento de alvos é de ótima qualidade, identificando alvos com rapidez (cerca de 1 segundo em um ambiente adequado) e projetando os devidos objetos virtuais sobre eles rapidamente e com precisão.

Também não houveram grandes dificuldades em relação a modelagem dos objetos 3D. O *Blender* apresenta uma *engine* própria muito eficiente e ferramentas que possibilitam realizar diversas modificações ou personalizações nos objetos criados.

Futuramente, espera-se concluir, através da análise de testes que serão realizados com estudantes do IFSP - Cubatão, um desempenho geral melhor em física e uma boa aceitação do aplicativo por parte de alunos e professores, passando a utilizá-lo regularmente nas aulas de física. Apesar de se destinar aos alunos do IFSP de Cubatão e para o ensino de física, o projeto tem potencial para abranger outras matérias e ser implementado em outros institutos.

Finalmente, para obter conclusões mais precisas, após a realização dos testes com o aplicativo finalizado e com o *feedback* que será obtido dos alunos, serão elaborados gráficos comparativos referentes à performance dos alunos nas aulas de Física antes do uso do aplicativo e depois.

REFERÊNCIAS

AZUMA, R. et al., **Recent Advances in Augmented Reality**. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/963459/>>. Acesso em: 24 mar. 2017.

AZUMA, R. **A Survey of Augmented Reality**, Califórnia – EUA, 1997. Disponível em: <<http://www.cs.unc.edu/~azuma/ARpresence.pdf>>. Acesso em: 7 mar. 2017.

CARDOSO, R. G. S.; PEREIRA, T. S.; CRUZ, J. H.; ALMEIDA, W. R. M. **USO DA REALIDADE AUMENTADA EM AUXÍLIO À EDUCAÇÃO**, São Luiz - Brasil, 2014. Disponível em: <<http://siaiap32.univali.br/seer/index.php/acotb/article/viewFile/5337/2794>>. Acesso em: 11 mar. 2017.

KIRNER, C.; KIRNER, T. **Realidade Virtual e Realidade Aumentada potencializando as ações do usuário no mundo real**, Canoas – Brasil, 2009. Disponível em: <http://biblioteca.unilasalle.edu.br/docs_online/artigos/dialogo/2009_n14/ckirner.pdf>. Acesso em: 8 mar. 2017.

KIRNER, C.; TORI, R.. **Fundamentos de Realidade Aumentada**, Brasil, 2006. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Claudio_Kirner/publication/216813361_Fundamentos_de_Realidade_Aumentada/links/00b7d51823ff60ee7b000000.pdf>. Acesso em: 9 mar. 2017.

KLEPPER, S.. **Augmented Reality - Display Systems**, Munique – Alemanha, 2007. Disponível em: <https://web.archive.org/web/20130128175343/http://campar.in.tum.de/twiki/pub/Chair/TeachingSs07ArProseminar/1_Display-Systems_Klepper_Report.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2017.

MAZURYK, T.; GERVAUTZ, M. **Virtual Reality History, Applications, Technology and Future**, Austria. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.42.7849&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 9 mar. 2017.

MILGRAM, P. et al. **Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum**, Japão, 1994. Disponível em: <http://etclab.mie.utoronto.ca/publication/1994/Milgram_Takemura_SPIE1994.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2017.

PANTAS, W. **Saiba mais sobre os sensores em smartphones e tablets**, 2013. Disponível em: <<http://understech.com.br/saiba-mais-sobre-os-sensores-em-smartphones-e-tablets/>>. Acesso em: 12 mar. 2017.

SILVA, M.; TEICHRIEB, V.; ROBERTO, R. **Um Estudo de Aplicações de Realidade Aumentada para Educação**, Recife - Brasil, 2012. Disponível em: <<http://www.lbd.dcc.ufmg.br/colecoes/wrva/2012/0056.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2017.

TPC Inc., **Vuforia – Tools and Resources**. Disponível em: <<https://www.vuforia.com/Tools-and-Resources>>. Acesso em: 11 mar. 2017.

TPC Inc., **Vuforia Developer Library**. Disponível em: <<https://library.vuforia.com/>>. Acesso em: 11 mar. 2017.

TURI, J. **The sights and scents of the Sensorama Simulator**. Disponível em: <<https://www.engadget.com/2014/02/16/morton-heiligs-sensorama-simulator/>>. Acesso em: 8 mar. 2017.

Unity Technologies, **Unity – Products**. Disponível em: <<https://unity3d.com/pt/unity>>. Acesso em: 17 ago. 2017.