

SimuAR: desenvolvimento de um software utilizando técnicas de realidade aumentada para simular fenômenos físicos

Douglas S. Ferreira¹, Filomena M. G. S. C. Moita², Rodrigo L. Rodrigues³, Alessio Silva¹,
Aline T. Costa¹

¹ Departamento de Estatística e Computação – UEPB

² Departamento de Letras e Educação – UEPB

³ Centro de Informática – UFPE

{dougcpm; tavares.costa.aline}@gmail.com, {rlr}@cin.ufpe.br,
{leo_raposahagnos; filomena_moita}@hotmail.com

Abstract

The alliance between technology and education benefits everyone involved in the process of teaching and learning, it provides a different way of construction of knowledge in a fun and interactive. In this sense, the technology of Augmented Reality (AR) appears as a low cost alternative in the teaching of physics content. This paper describes the development of the software simulator, which presents with the behavior of projectiles in certain physical phenomena, viewed in three dimensions, with the use of RA. The validation results and questionnaire highlight the potential of educational software.

Keywords: Increased reality. Physics. Simulation.

Authors' contact:

{dougcpm;tavares.costa.aline}@gmail.com

{rlr}@cin.ufpe.br

{leo_raposahagnos;filomena_moita}@hotmail.com

Resumo

A aliança entre tecnologia e educação beneficia todos os envolvidos no processo de ensino e aprendizagem, pois proporciona uma forma diferenciada de construção do conhecimento de maneira lúdica e interativa. Neste sentido, a tecnologia de Realidade Aumentada (RA) surge como uma alternativa de baixo custo no ensino de conteúdos de Física. Este trabalho descreve o desenvolvimento do software SimuAR, que apresenta o comportamento de projéteis em determinados fenômenos físicos, visualizados em três dimensões, com a utilização da RA. Os resultados da validação e aplica-

ção de questionário ressaltam as potencialidades pedagógicas do software.

Palavras-chave: Realidade Aumentada. Física. Simular.

1. Introdução

Educação de qualidade é um tema recorrente em encontros de educadores e gestores em todo lugar do Brasil e do mundo. Tal discussão se faz necessária para que carências já existentes sejam supridas, e novas ideias surjam para melhorar as práticas pedagógicas, beneficiando não apenas os alunos que delas vão usufruir, mas a sociedade, que possuirá cidadãos preparados para resolver problemas e acompanhar participativamente das evoluções vigentes.

As carências começam na estrutura física. Escolas da rede pública, e até mesmo particulares, deixam a desejar quando se trata de espaço físico: salas apertadas, sem disponibilidade para atividades lúdicas e desportivas além da inexistência de laboratórios destinados às práticas científicas no campo da Química e da Física. As prioridades são diversas e, em muitos casos, a verba que deveria ser aplicada à construção e aquisição de material para um laboratório, por exemplo, é aplicada numa área que, segundo os gestores, possui maior necessidade. Entretanto, tecnologias, metodologias e propostas pedagógicas inseridas nas escolas sem altos custos podem ser vistas com maior apreciação no tocante à facilitação do processo ensino-aprendizagem.

Neste sentido, a Realidade Aumentada (RA) pode ser implementada por um baixo custo, pois não necessita de aparatos tecnológicos robustos, apenas de uma *webcam* instalada em um computador, suprimindo, de forma eficiente, a necessidade da escola em dispor de

um espaço apropriado para atividades laboratoriais (experimentais).

Graças às possibilidades oferecidas por essa tecnologia, pode-se abordar de maneira mais atrativa e lúdica para o aluno, e eficiente para o professor, diversos temas e conteúdos nas disciplinas, como o ensino de conceitos da área das ciências exatas, que exigem recursos visuais para melhor entendimento dos fenômenos.

O livro é um dos instrumentos mais importantes no processo educacional, porém, por se tratar de uma mídia impressa, sem a interatividade digital, torna-se uma ferramenta pouco rica e, por vezes, ineficiente, no sentido de facilitar a visualização e percepção dos detalhes em experimentos.

A Realidade Aumentada, neste contexto, oferece visualização em 3D e permite a inserção de sons e objetos dinâmicos no mundo real, sendo, portanto, uma ferramenta poderosa para o processo ensino-aprendizagem, e proporcionando ao aluno considerável facilidade na visualização e entendimento do processo. Como as mídias impressas são usadas há bastante tempo (livros didáticos, apostilas) da mesma maneira e não proporcionam interação imersiva adequada para os alunos, acabam se tornando tediosas e enfadonhas. O fato de a RA ser uma novidade em ascensão na área tecnológica e que valoriza a interatividade, influencia consideravelmente a motivação dos alunos em busca de novas experiências.

Este artigo expõe uma fundamentação teórica a respeito da tecnologia de Realidade Aumentada, bem como uma discussão de seus benefícios na educação. Apresenta o desenvolvimento do SimulAR, um software que utiliza essa tecnologia para simular fenômenos físicos, facilitando o entendimento de conceitos e tornando o processo de ensino-aprendizagem mais dinâmico e interativo, além de expor os resultados de uma pesquisa realizada com profissionais da área das ciências exatas sobre a utilidade da ferramenta em questão.

2. Fundamentação teórica

A Realidade Aumentada (RA) tornou-se uma fonte de pesquisa, com um grande número de trabalhos e pesquisadores dedicados à área, no início da década de 90, porém o primeiro experimento foi realizado na década de 60 por Sutherland, no qual se idealizou um capacete com visor transparente, que apresentava imagens em 3D [Azuma 1997].

Na década de 60, não havia poder computacional suficiente para a exploração da computação gráfica interativa em tempo real, sendo possível apenas a partir

de 90, com o avanço tecnológico então vigente. Outro fato marcante foi a disponibilização, por parte da Universidade do Japão, da biblioteca ARToolKit, que auxilia no desenvolvimento rápido de aplicações de RA.

Neste sentido, torna-se imprescindível diferenciar os conceitos de Realidade Virtual e Realidade Aumentada. Para Neto [2004], esta se refere a uma experiência imersiva e interativa baseada em imagens gráficas em 3D, geradas em tempo real, com auxílio de algum aparato tecnológico, sendo o mais sugestivo o computador. Já Alkstkakalnis [apud Vallino 1998] explicita que Realidade Virtual (RV) é, antes de tudo, um ambiente tridimensional e interativo gerado pelo computador, surgindo como uma nova geração de interface, ao passo que usa representações tridimensionais mais próximas da realidade do usuário, permitindo, assim, romper a barreira da tela. [Kirner e Siscoutto 2007].

A Realidade Virtual necessita de equipamentos especiais, como capacete, luva, óculos estereoscópicos etc., para transportar o usuário para o ambiente imersivo e esses aparatos nem sempre são acessíveis.

Dessa forma, a Realidade Aumentada surgiu como uma melhoria da RV, no que diz respeito ao maquinário necessário para sua execução, permitindo a sobreposição de objetos e ambientes virtuais no ambiente físico, através de algum dispositivo tecnológico. Isso permitiu que interações tangíveis fossem mais fáceis e naturais para o usuário, sem a necessidade do uso de equipamentos especiais [Tori, Kirner e Siscoutto 2006].

Os princípios básicos do funcionamento de uma aplicação fundamentada na tecnologia RA, em linhas gerais, são simples e estão evidenciadas na figura 1, podendo ser resumidas da seguinte forma: a imagem capturada pela câmera é convertida em linguagem binária, de acordo com a forma e o desenho do marcador para que seja realizada uma comparação entre a imagem capturada e os marcadores já cadastrados na aplicação.

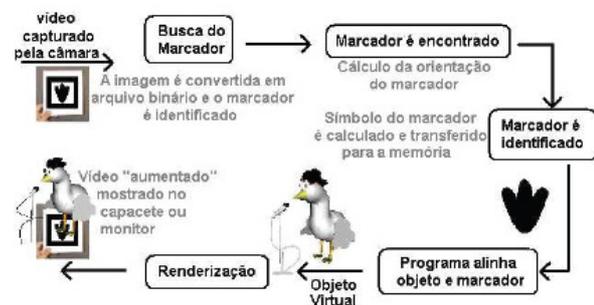


Figura 1 - Etapas de funcionamento do rastreamento¹
Fonte: [Forte, Santin e Kirner 2008]

¹ Disponível em: <
<http://www2.fc.unesp.br/wrva/artigos/50464.pdf>> Acesso em 07.jul.2011

2.1 A Realidade Aumentada e a Educação

Ao se tratar do computador na educação, Valente [1993] salienta a possibilidade de criar condições favoráveis de aprendizagem, inclusive entre alunos de vários lugares do país ou do mundo. Ainda segundo o autor supracitado, essas condições devem facilitar o processo de expressão/descrição do pensamento quando na solução de problemas.

Giraffa [2009] defende que a sociedade contemporânea vive uma mudança de paradigma em que a produção comercial e industrial baseia-se no domínio e na fomentação do conhecimento. Desta forma, a construção deste conhecimento deve considerar o modelo econômico e a exigência de competências para solucionar problemas de forma autônoma e criativa.

Para tanto, a aquisição de conhecimento torna-se mais eficiente e agradável a partir do momento em que sua real visualização torna-se possível, ou seja, de maneira prática, o teórico é aplicado e os resultados, que antes eram obtidos no papel, podem ser visualizados por meio de movimentos, sensações e imagens. Este processo é facilitado pela utilização do computador e, mais especificamente, da tecnologia abordada neste artigo, a Realidade Aumentada, que vem ganhando destaque nas diversas áreas do conhecimento devido a características como interatividade, facilidade de exibição e inovação.

Na educação, sua utilização torna-se importante devido ao seu caráter lúdico, que estimula e facilita a aquisição do conhecimento por parte do aprendiz, além de ajudar o docente em sua prática, possibilitando diversas maneiras de ensinar. Em disciplinas que exigem um alto nível de abstração do aluno, como a Física e a Geometria, essa tecnologia pode ser extremamente eficiente, porque possui a capacidade de exibir todos os objetos e movimentos necessários com uma satisfatória riqueza de detalhes, que, em outras ocasiões como, por exemplo, na utilização de mídia impressa, teriam que ser imaginados.

Moraes [2007] esclarece que a Realidade Aumentada tem se mostrado adequada para simulações mais complexas, em que a informação disponível para análise não precisa ser limitada. A inserção de elementos gráficos virtuais, por meio de computador, câmeras e displays, possibilita aumentar a realidade, com o objetivo de simular algo.

3. Trabalhos correlatos

É possível encontrar diversas aplicações educacionais que utilizam a RA em áreas como a Bioengenharia, a Física, a Geologia e a Matemática. A combinação de elementos virtuais com o ambiente real, a interatividade e a visualização em três dimensões desperta o interesse de pesquisadores, instituições, entidades e organizações educacionais, em nível nacional e internacional.

Toda e qualquer pesquisa ou projeto que se almeja desenvolver, tem, como uma de suas etapas iniciais, a pesquisa por trabalhos correlatos. Esta etapa visa conhecer o que já foi desenvolvido naquele sentido, como também estudar as produções em si, com a finalidade de avaliar os pontos positivos e negativos dos trabalhos analisados, para que sejam alcançados melhores resultados na pesquisa. Apesar de existirem vários trabalhos em diferentes áreas do conhecimento, dado o limite de espaço apresentamos a seguir dois exemplos de aplicações que utilizam a realidade aumentada na Física.

3.1 RA e Eletromagnetismo

O desenvolvimento desta aplicação foi coordenado pelo Núcleo de Educação em Ciências/FACEN. Nela, a tecnologia de Realidade Aumentada é utilizada para simular conceitos de Eletromagnetismo, como campos elétricos e magnéticos. Dessa maneira, o usuário pode visualizar em três dimensões, por exemplo, as linhas de campo geradas por cargas elétricas em repouso e em movimento (Fig. 2), possibilitando melhor entendimento das relações estabelecidas entre elas.

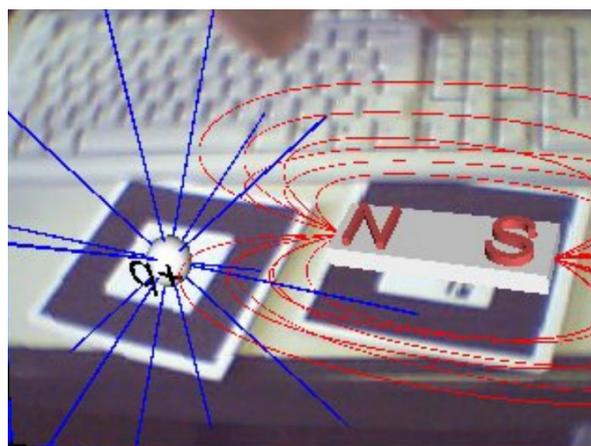


Figura 2 – RA e Eletromagnetismo²
Fonte: [Donzelli e Tomazello 2006]

² Disponível em:
<<http://www.unimep.br/phpg/mostracademica/anais/4mostra/pdfs/434.pdf>> Acesso em 05. ago. 2011.

A idealização do projeto surge pelas dificuldades apresentadas por alunos do Ensino Médio na aprendizagem de conceitos relacionados a eletromagnetismo, como a distinção entre o campo eletrostático e o campo magnético estacionário, por exemplo. A partir disso, pesquisas foram realizadas para definir os conceitos que o software iria abordar, com o objetivo de sanar essas dificuldades.

3.2 ARTutor

Software que simula, através da Realidade Aumentada, experimentos físicos, como lançamento de projéteis e movimento circular. Possui uma interface com menus e campos para entrada de dados (Fig 3), que definem as características da animação.



Figura 3 - ARTutor³
Fonte: [Forte 2009]

Os objetos disponíveis são esferas, cubos e cones. Como trabalho futuro, está sendo projetada uma versão online que aceite objetos em 3D externos, dessa forma o professor poderá adquirir outros objetos que se enquadrem mais ao contexto de sua aula e substituir os modelos padrões.

4. SimuLAR

O SimuLAR é um software que utiliza a tecnologia de Realidade Aumentada para simular fenômenos físicos exibindo-os em três dimensões e facilitando sua visualização.

As letras AR maiúsculas no nome do programa referem-se ao termo Augmented Reality⁴. Foi desenvolvido por membros do grupo de pesquisa TDAC (Tecnologia Digital e Aquisição do Conhecimento) que, em sua maioria, são alunos do curso de Licenciatura em Computação pela Universidade Estadual da Paraíba.

Com a aplicação em questão, o usuário pode visualizar como se comportam os projéteis em determinados fenômenos físicos, como a queda livre e o lançamento oblíquo. Ao posicionar o marcador impresso em frente à webcam e iniciar a simulação, através do menu localizado no canto esquerdo da tela, uma animação é iniciada (Fig. 4), posicionando-se e rotacionando-se de acordo com a localização do marcador, que serve como ponto de referência.



Figura 4 - SimuLAR

Os tipos de simulações podem ser escolhidos através do menu antes de sua inicialização, assim como o formato dos projéteis, apesar de não alterar a sua trajetória de acordo com a forma selecionada. Além disso, algumas variáveis como velocidade e ângulo, no caso do lançamento oblíquo, e altura, na queda livre, também são definidas pelo usuário, o que modifica a simulação de acordo com a entrada desses valores.

³ Disponível em: <
<http://www.unimep.br/phpg/bibdig/pdfs/2006/NGVUIGPRGGAJ.pdf>
> Acesso em 03.ago.2011.

⁴ Realidade Aumentada, em inglês.

5. Metodologia

Nesta seção, é apresentada a metodologia de elicitação de requisitos para o desenvolvimento desta pesquisa, bem como os conceitos fundamentais para se entender a tecnologia de Realidade Aumentada com foco em educação. Para tanto, serão abordados os seguintes aspectos: metodologia de entrevista com os *stakeholders* [PMI 2008], discussão dos conteúdos abordados, tecnologias utilizadas e desenvolvimento da aplicação.

5.1. Entrevista com professores de Física

Foram realizados encontros com 3 (três) professores da área de ensino da Física da cidade de Sumé – PB (Fig. 5), que possuem a experiência da realidade vivenciada no exercício da sua profissão, podendo avaliar e validar o produto da pesquisa. Três reuniões foram realizadas:

- A primeira reunião teve como objetivo a apresentação do projeto aos professores, demonstrando os objetivos e a justificativa da pesquisa. Nessa apresentação, foram expostos possíveis conteúdos de Física a serem trabalhados na aplicação, e, posteriormente, solicitado aos professores que opinassem a respeito de tais conteúdos;
- Na segunda reunião, foi apresentado o funcionamento da tecnologia da Realidade Aumentada e trabalhos correlatos, que serviram de embasamento para o projeto.
- A terceira reunião foi realizada para mostrar um protótipo aos professores, com a intenção de oferecer uma ideia concreta do que seria o produto final. Neste sentido, foi desenvolvido um debate a respeito do andamento do projeto para a coleta de informações e idéias para a produção do *software*.



Figura 5 - Reunião com professores de Física

5.2 Tecnologias utilizadas

Para a produção do *software* SimuLAR, foi utilizado o modelo de desenvolvimento evolucionário exploratório, no qual, a partir de uma especificação inicial, com requisitos bem compreendidos, adicionam-se novas características ao produto no decorrer do projeto. Este modelo é baseado em três atividades distintas que funcionam simultaneamente: Especificação, Desenvolvimento e Validação [Sommerville 2007].

O desenvolvimento do código para a decodificação das imagens ocorreu por meio da linguagem de programação *ActionScript 3* com o auxílio do *FLARToolKit*, uma biblioteca que possibilita a integração de objetos em 3D com os marcadores impressos, relacionando o posicionamento da imagem para decodificação em relação à câmera e projetando na tela a animação de acordo com essa localização. Isso permite a visualização dos objetos em três dimensões (3D), na medida em que o usuário rotaciona o marcador.

Os objetos a serem exibidos foram criados com a utilização do *PaperVision 3D*, uma biblioteca do Flash que permite a criação de objetos em 3D com interatividade através do código *ActionScript 3*. Com esta ferramenta, foi possível criar elementos em 3D que integram entre si, movendo-se no ambiente virtual e sendo visualizados em três dimensões.

6. Resultados

Para avaliação do software, foram reunidos 8 (oito) alunos⁵ do Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática pela Universidade Estadual da Paraíba. Tais mestrandos são, em sua maioria, professores de Física do Ensino Fundamental e Médio da rede de ensino público e privado da cidade de Campina Grande - PB.

Após breve explanação sobre o conceito de Realidade Aumentada e sua adequação ao contexto educacional, o software SimulAR foi apresentado aos participantes da reunião, assim como suas características e funcionalidades (Fig. 6). Posteriormente, foi entregue um questionário (mídia impressa) de avaliação e coleta de opiniões sobre o aplicativo em questão (Fig. 7). Com base nos dados obtidos, foi possível concluir aspectos importantes no tocante às expectativas sobre a potencialidade do software.

O questionário possuía três blocos temáticos que se relacionavam com os seguintes atributos:

- Apresentação das informações educacionais;
- Motivação, feedback, qualidade e interatividade;
- Competências exploradas e abordagem educacional (nível de aprendizagem).

Cada um dos blocos foi subdividido em vários tópicos, com afirmações que poderiam ser verdadeiras ou falsas em relação ao SimulAR. Além disso, o questionário possuía uma área para caracterização do software quanto ao paradigma de tipologia, e também um espaço dissertativo para os professores/mestrandos expressarem suas opiniões tanto em relação ao *software*, quanto ao processo avaliativo.

O questionário abordava, além de temáticas técnicas e específicas relativas ao software, aspectos pedagógicos e educacionais, cujo objetivo era extrair dos avaliadores o que o SimulAR tem como característica nessa área. Neste sentido, também foi questionado se os avaliadores conseguiram perceber a teoria da aprendizagem que estava embasando o *software*.

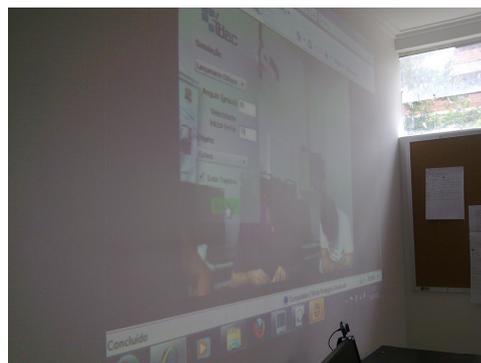


Figura 6 - Apresentação do SimulAR



Figura 7 - Aplicação do questionário de avaliação

O primeiro bloco tinha como objetivo recolher impressões sobre o modo que as informações estavam sendo apresentadas para o usuário. Pertenciam a esse bloco perguntas referentes à interface (*layout*) do SimulAR, apresentavam-se informações pertinentes, quantidade de informações e conteúdos trabalhados apropriados para o público proposto. A figura 8 apresenta uma síntese dos dados recolhidos nesse bloco de perguntas.

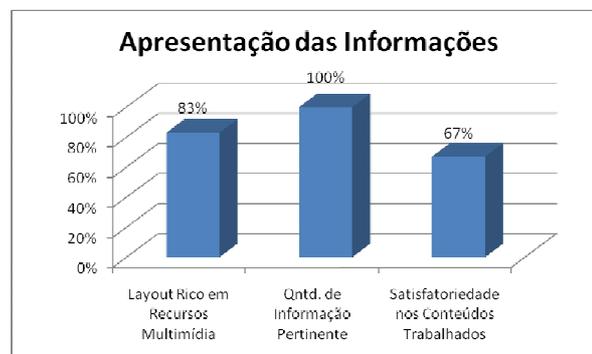


Figura 8: Gráfico referente a alguns tópicos do 1º bloco

Ainda sobre o primeiro bloco de questões, foi solicitado que opinassem sobre a divulgação de conteúdo pelo *software*, ou seja, se ele apresentava conteúdo

⁵ Ressaltamos que todos os sujeitos envolvidos na pesquisa, autorizaram por escrito a publicação de suas respectivas imagens.

fechado para cada instituição trabalhar a ferramenta em particular. Após análise dos dados, 83% dos avaliadores concluíram que a intenção do projeto é de desenvolver um aplicativo genérico, porém dentro do contexto da Física, pré-determinado pelos Parâmetros Curriculares Nacionais.

O segundo bloco avaliou a qualidade das relações aluno-*software* e professor-*software*, no qual foram elencadas, como características coerentes à aplicação, as afirmativas a respeito da utilização do aplicativo como facilitador no processo de busca por resoluções de exercícios, bem como a existência de interação com o conhecimento prévio do aluno e, conseqüentemente, o fácil reconhecimento do conteúdo abordado.

Na figura 9, é explicitada a organização dos dados referentes a alguns sub-tópicos do 2º bloco do questionário, representados abaixo, respectivamente, por:

- **A:** Capacidade de, após a realização do experimento, o aluno fazer analogias e instigar o pensamento lógico e dedutivo;
- **B:** Capacidade de operacionalização do *software* por um usuário inexperiente;
- **C:** Obtenção de melhor rendimento na resolução de exercícios na utilização da ferramenta;
- **D:** Valorização do conhecimento prévio do aluno;
- **E:** Habilidade do aluno em controlar pessoalmente o próprio processo de aprendizagem.

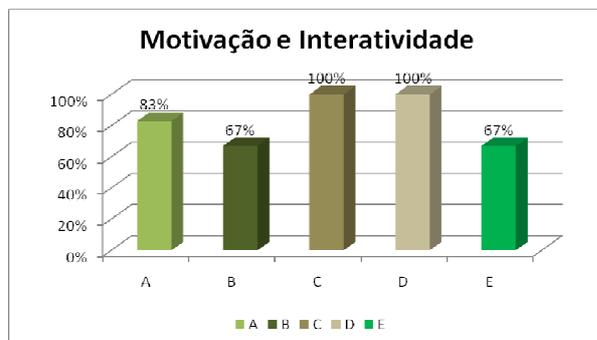


Figura 9: Gráfico referente à alguns tópicos do 2º bloco

Os resultados obtidos com a aplicação dos questionários deram origem à figura 9 evidenciando que o *software* atende bem aos requisitos de usabilidade e de eficiência quanto à manipulação por usuário inexperiente, fazendo dele um ótimo instrumento para adentrar o alunado, não incluso digitalmente, no mundo tecnológico, sem acarretar maiores impactos. Isso fará com que aquele tenha maior aceitação da ferramenta, ciente de que o SimulAR ainda possui características motivacionais e interativas de uma tecnologia recente no cená-

rio educacional, despertando ainda mais a atenção do aluno para o aprendizado do conteúdo proposto.

Por fim, o atributo de *Competências exploradas e abordagem educacional (nível de aprendizagem)* apresentou respostas variadas diante dos sub-tópicos. Nessa parte foram exploradas características mais intrínsecas do SimulAR quanto à abordagem educacional e de seus resultados na vida estudantil de seus utilizadores, ou seja, a principal preocupação nesta etapa era o entendimento de como a ferramenta pode atuar na aprendizagem dos conceitos estudados.

Sendo assim, temáticas como interdisciplinaridade, apresentação clara e objetiva de conteúdos, e assimilação destes, realizada de maneira correta, além de possibilidade de resolução dos exercícios de diversas formas, foram retratados nesse bloco. Abaixo, a análise dos dados (Fig. 10):

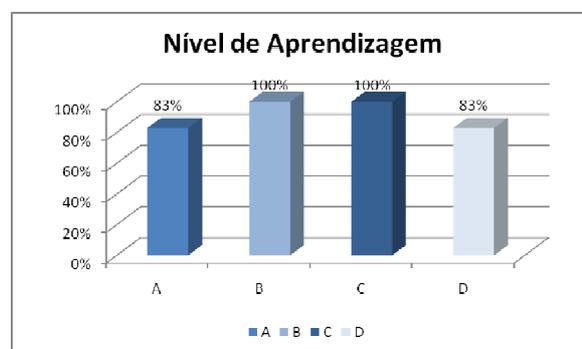


Figura 10: Gráfico referente a alguns tópicos do 3º bloco

Os sub-tópicos retratados na figura 10 anterior são identificados da seguinte forma, respectivamente: A) abordagem de conteúdo corretamente; B) melhor visualização do experimento; C) melhor compreensão e analogia do fenômeno reproduzido; e D) capacidade de interdisciplinaridade.

Pelos dados elencados no gráfico acima, pode-se observar que a totalidade dos avaliadores perceberam que o conteúdo é abordado de maneira correta, bem como o *software* apoiado na RA possibilita uma visualização real do experimento, além da verificação e construção de hipóteses para análise e depuração de resultados prévios nas simulações construídas pelo SimulAR.

No gráfico a seguir (Fig. 11), estão representadas as características quanto ao tipo de *software*, segundo os avaliadores.

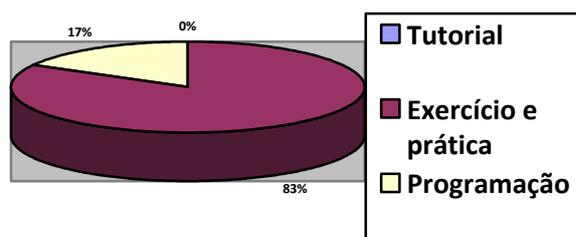


Figura 11 - Característica quanto à tipologia de *software*

As respostas em relação à metodologia foram proporcionais às relativas ao tipo, ou seja, cinco pessoas marcaram a mesma opção, ao passo que apenas uma marcou outra, sendo as opções, respectivamente, simulação e modelagem. A análise da concepção teórica sobre aprendizagem não pode ser validada, pois houve omissão e duplicação nas respostas, impossibilitando o julgamento fiel às impressões do público.

No entanto, além dos resultados já expostos foi possível coletar outras informações sobre o SimulAR que indicam a importância para a aprendizagem e que nos motivam a continuar a pesquisa com outros conteúdos. Tais informações foram observadas no processo ou momento de aplicação do software, onde os sujeitos da pesquisa teceram alguns comentários sobre o mesmo e sobre sua potencialidade no ensino das ciências exatas em geral, não se detendo apenas na área da Física.

7. Conclusão

A partir da validação do SimulAR com os professores de Física e da análise dos dados obtidos na aplicação do questionário, foi possível perceber que os objetivos propostos pelo *software* satisfazem as expectativas de uso dessa ferramenta como um instrumento auxiliar tanto para professores como para alunos.

Ainda nesse sentido, a tecnologia de Realidade Aumentada pode ser utilizada como recurso lúdico na educação, promovendo aulas mais dinâmicas e interativas. Suas possibilidades de uso são diversas e não necessitam de grande aparato técnico para sua execução. Dessa forma, para o SimulAR ser executado basta um laboratório de informática, que tenha o *software* instalado e *webcam* disponível para as máquinas.

Atualmente, os órgãos governamentais têm incentivado a construção de laboratórios de informática nas escolas, o que facilita ainda mais a difusão dessa tipologia de materiais didáticos. Caso a escola ainda não disponha desse espaço, é possível utilizar a ferramenta com qualquer computador pessoal (*notebook* ou *desktop*) de uso próprio do professor ou do aluno.

Como já apresentado na seção sobre os resultados da validação do SimulAR, essa ferramenta contribui tanto para a melhor assimilação do conteúdo proposto, como também para a visualização favorável do que se deseja simular, ou seja, fenômenos que necessitam de

maior riqueza de detalhes para o entendimento, na maioria das vezes em 3D.

A concepção pedagógica difundida desde o início do desenvolvimento do projeto foi a teoria construtivista, que visa a disponibilidade de meios para que os alunos elaborem um caminho lógico até o conhecimento pleno. Com a ajuda de um simulador de fenômenos físicos, a abstração dos conceitos e regras expostos nos livros pode ser racionalizada, facilitando, desta forma, sua aquisição.

Além de todas as características já discutidas, o aluno ainda conta com a opção de utilizar a ferramenta como instrumento de suporte em seus estudos extraclasses, ou seja, em resolução de exercícios, estudos para avaliações, pesquisas etc., sendo vasta a área de atuação do *software*.

8. Referências

- Azuma, R., 1997. "A Survey of Augmented Reality", Presence: Teleoperators and Virtual Environments, v. 6, n. 4, August, p. 355-385.
- Donzelli, Thiago de Matos; Tomazello, M. G. C. 2006. "A utilização da realidade virtual no ensino de conceitos de Física". In: 4ª Mostra Acadêmica, 2006, Piracicaba. 4ª Mostra Acadêmica, p. 1-7.
- Forte, Cleberon Eugenio. 2009. "Software Educacional Potencializado com Realidade Aumentada para Uso em Física e Matemática." Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Universidade Metodista de Piracicaba, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Orientador: Claudio Kirner.
- Forte, C. E. ; oliveira ; Santin ; Kirner, C. . Implementação de Laboratórios Virtuais em Realidade Aumentada para Educação à Distância. In: WRA - Workshop de Realidade Virtual e Aumentada 2008, 2008, Bauri - SP. anais do WRA 2008, 2008.
- Giraffa, Lucia Maria Martins. 2009. "Uma odisséia no ciberespaço: O software educacional dos tutoriais aos mundos virtuais." Revista Brasileira de Informática na Educação, Volume 17, Número 1.
- Kirner, C. and Siscoutto, R., 2007. "Realidade Virtual e Aumentada: Conceitos, Projeto e Aplicações." Editora SBC – Sociedade Brasileira de Computação, Porto Alegre. Livro do pré-simpósio, IX Symposium on Virtual and Augmented Reality, Petrópolis - RJ.
- Moraes, R. O., 2007. "Estudo de uma Aplicação de Realidade Aumentada." 4º Congresso Internacional de Pesquisa em Design, ANPEDesign, Rio de Janeiro, Brasil.
- Neto, R. R. R. E., 2004. "Arquitetura digital – a realidade virtual, suas aplicações e possibilidades. Dissertação (Mestrado) – COPPE/Universidade Federal do Rio de

Janeiro, Departamento de Engenharia Civil, Rio de Janeiro.

PMI., 2008. "A Guide to the Project Management Body of Knowledge" (PMBOK® Guide) – Fourth Edition.

Santin, Rafael. 2008. "Sistema de Autoria em Ambiente Colaborativo com Realidade Aumentada." Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Universidade Metodista de Piracicaba, Orientador: Claudio Kirner.

Sommerville, Ian., 2007. "Engenharia de Software." 8 Ed. Addison Wesley Bra.

Tori, R.; Kirner, C.; Siscoutto, R., 2006. "Livro do Pré-Simpósio. Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada." Editora SBC, VIII Symposium on Virtual Reality. Belém – PA.

Valente, José Armando., 1993 "Computadores e conhecimento: repensando a educação." Ed. Unicamp. Campinas.

Vallino, J., 1998. "Intercative Augmented Reality." *Dissertação (Mestrado)* – Ph.D. Thesis, Department of Computer Science, University of Rochester, Rochester, NY.