

# RELATÓRIO FINAL PIVIC/2010-2011

## TRANSFORMAÇÕES GEOMÉTRICAS COM REALIDADE AUMENTADA: TESTES PARA INSERÇÃO DE MARCADORES NATURAIS

Vanessa Xavier Avelino de Camargo, Marcos Wagner de Souza Ribeiro (Orientador)

Universidade Federal de Goiás – Campus Jataí

[vanessaxcamargo@gmail.com](mailto:vanessaxcamargo@gmail.com), [marcos\\_wagner@yahoo.com.br](mailto:marcos_wagner@yahoo.com.br)

PALAVRAS-CHAVE: Realidade Aumentada, Física, Educação.

### 1. INTRODUÇÃO

As oportunidades oferecidas pelas atuais tecnologias digitais de interação e informação podem transformar os tradicionais métodos de ensino e aprendizagem, cuja deficiência revela-se no alto índice de repetência, na evasão escolar e, principalmente, no fraco desempenho dos alunos quando colocados diante de situações em que é exigida a explicitação de seu aprendizado [5]. Trata-se não apenas da utilização de ambientes virtuais como recursos ou ferramentas educacionais, mas uma nova maneira de se pensar a educação – caracterizada por novos tempos e espaços educacionais, novos papéis para professores e alunos e novas formas de relacionamento, avaliação e resultados [19].

Contudo, a simples utilização de uma tecnologia não é a solução para os problemas, devendo ser considerados muitos fatores para que falsas soluções não sejam apontadas como efetivas. O perigo principal consiste em confundir a entrega de informação com aprendizado a partir da negação de elementos essenciais, tais como resolução de problemas, criatividade e imaginação docente/discente [6].

Nesse contexto, a Realidade Aumentada – dentre várias outras tecnologias emergentes – tem se destacado como uma ferramenta poderosa de incentivo e colaboração no processo de ensino-aprendizagem pelo fato de mesclar o espaço real com objetos virtuais, produzindo um único ambiente [18]. A principal vantagem oferecida por esta tecnologia quando aplicada à educação é a forma como o usuário utiliza seu conhecimento intuitivo a respeito do mundo físico para manipular o ambiente virtual, colaborando no processo cognitivo do aprendiz. O saber é consequência da exploração, descoberta, observação e construção de uma nova visão do conhecimento, aplicado não apenas na teoria, mas também na experimentação prática do conteúdo em questão [1].

Mesmo oferecendo uma possibilidade atrativa e motivadora de interação, a Realidade Aumentada caminha para a liberdade em relação aos marcadores (identificadores que fazem a união entre virtual e real). Porém o passo anterior é propiciar a estes sistemas interatividade suficiente.

Assim sendo, este trabalho tem como objetivo geral explorar os recursos interativos da Realidade Aumentada usando como estudo de caso a área da Física. O principal

intuito é contribuir com a área de Realidade Aumentada agregando pequenas funcionalidades interativas nas ferramentas existentes e, propiciar suporte necessário para visualização de fenômenos, situações ou contextos que já possuem formalismo matemático definido, porém, dissociado de exemplos e demonstrações. Como resultado desta iniciativa espera-se minimizar os obstáculos e dificuldades no processo de ensino-aprendizagem. E, como contribuição futura a retirada de marcadores artificiais é consequência natural desta pesquisa, aumentando ainda mais a capacidade interativa do sistema.

## **2. ENSINO DE FÍSICA**

Na atual sociedade, na qual a informação está disponível em toda parte, educar tornou-se um trabalho mais complexo e não apenas restrito aos limites da escola [5]. Em processos indicadores da qualidade de ensino e avaliadores de desempenho, o ramo das ciências naturais, especialmente a Física, apresenta os maiores índices de dificuldade de aprendizagem para alunos de nível médio e superior. Na última divulgação do Programa Internacional de Avaliação dos Estudantes – PISA, realizado em 2006, o Brasil encontrava-se na 52ª posição, na escala de ciências, entre os 57 países participantes [16], sendo classificado como significativamente abaixo da média OCDE<sup>1</sup> em termos estatísticos. No Exame Nacional de Desempenho de Estudantes (Enade) 2008 – que avalia o rendimento dos alunos dos cursos de graduação em relação aos conteúdos programáticos, habilidades e competências – os cursos de graduação em Física (licenciaturas e bacharelados) obtiveram apenas 3,9% de Instituições de Ensino Superior (IES) com conceito cinco [8].

Diante desses dados, fica clara a deficiência presente na metodologia de ensino de Física. Entre as principais causas para esse cenário, pode-se apontar a pouca valorização do profissional do ensino, a qualidade dos conteúdos desenvolvidos em sala de aula, a falta de contextualização com as questões tecnológicas, a fragmentação dos assuntos e a forma linear como são ministrados, e principalmente a falta de laboratórios equipados para o incentivo da atividade experimental [5].

Segundo Peduzzi [15], as interações do aluno com o mundo que o cerca habilitam-no a construção de concepções ou ideias intuitivas, as quais são resistentes ao ensino de conceitos que conflitam com elas, interferindo no aprendizado da Física. A ruptura dessas concepções, chamadas espontâneas, não deve ser brusca, mas trabalhada de forma que o aluno seja capaz de operar com clareza no domínio científico dos fatos e não superponha as duas estruturas conceituais (intuitiva e científica).

Nesse sentido, a metodologia tradicional de ensino em 2D, ou seja, com representação gráfica em livros e apostilas, não colabora para o entendimento e desmistificação dos fenômenos físicos. Assim, a Realidade Aumentada oferece meios efetivos de simular situações cotidianas, passíveis de interpretações equivocadas, tornando-se fonte de argumentação clara e objetiva contra essas concepções espontâneas.

---

<sup>1</sup> Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico: fórum que reúne os governos de 30 democracias para trabalhar em conjunto no enfrentamento dos desafios econômicos, sociais e ambientais gerados pela globalização.

### 3. REALIDADE AUMENTADA

Por definição, Realidade Aumentada (RA) é a sobreposição de objetos virtuais gerados por computador em um ambiente real, utilizando para isso algum dispositivo tecnológico [11]. Entretanto, esta conceituação é muito geral e só fica clara com sua inserção em um contexto mais amplo: o da Realidade Misturada.

A Realidade Misturada é a combinação do ambiente real com o ambiente virtual, podendo receber duas denominações: Realidade Aumentada, quando o ambiente principal é o real, e Virtualidade Aumentada, na qual o ambiente principal é o ambiente virtual [14]. Logo, a Realidade Aumentada é uma particularização da Realidade Misturada. As possibilidades gradativas de sobreposição do ambiente real com o virtual, e vice-versa, são apresentadas na Figura 1 como um diagrama de realidade/virtualidade contínua.



Figura 1. Diagrama de realidade/virtualidade contínua [14].

A Realidade Aumentada proporciona ao usuário uma interação segura e agradável, eliminando a necessidade de treinamento e adaptação, uma vez que traz para o ambiente real os elementos virtuais, enriquecendo e ampliando sua percepção do mundo real. A combinação de técnicas de visão computacional, computação gráfica e realidade virtual é o que viabiliza isso, gerando como resultado a correta sobreposição de objetos virtuais no ambiente real [4].

O estímulo visual conseguido nas aplicações de Realidade Aumentada é, por si só, uma excelente característica, passível de utilização em diversas áreas do conhecimento humano. Entretanto, além de permitir que objetos virtuais possam ser introduzidos em ambientes reais, a Realidade Aumentada também permite que o usuário interaja com os elementos virtuais utilizando as mãos, eliminando dessa forma dispositivos tecnológicos complexos e tornando a interação com o ambiente misturado muito mais interessante [12]. A Realidade Aumentada envolve primordialmente três aspectos: calibração precisa, renderização de alta qualidade e interação em tempo real entre objetos reais e virtuais [20]. Esta interação é possível a partir da utilização de algum software que tenha capacidade de observar o ambiente real, analisando os dados e extraindo informações sobre a localização, orientação e interações sobre os objetos virtuais [23]. Aplicações em RA vêm sendo desenvolvidas nas mais diversas áreas, tais como indústria, treinamento, medicina e entretenimento. Mas crescentes e relevantes pesquisas mostram a educação como área de grande aplicabilidade, provendo meios de incrementar e melhorar o ensino.

### 4. TRABALHOS RELACIONADOS

#### A. AR CHEMICAL CONNECTION

Sistema para simulação das principais ligações entre átomos como apoio ao ensino de Química utilizando Realidade Aumentada e o FLARToolKit. Auxilia e estimula a

construção de conhecimentos necessários por meio da interação, envolvimento e interesse do estudante, obtendo resultados positivos aos objetivos propostos [2].

## **B. SICARA**

Sistema de Realidade Aumentada interativo voltado para a educação infantil, no qual há a integração do lúdico com o formal, de acordo com a legislação de implantação do Ensino Fundamental de nove anos [10].

## **C. REALIDADE AUMENTADA DISTRIBUÍDA**

Arquitetura para distribuição de ambientes virtuais usando Realidade Aumentada como apoio a projetos educativos. A partir do estudo de caso da fisiologia das plantas foi desenvolvida uma interface que permite interação com o ambiente virtual por meio de menus e rótulos, gerando diferentes visões dos objetos virtuais sobrepostos aos reais [21].

## **5. METODOLOGIA**

Pesquisadores apontam para novas tecnologias criadas para dar suporte aos avanços de desenvolvimento de aplicações em Realidade Virtual e Aumentada [17].

Na construção do protótipo foi utilizada uma dessas tecnologias, descrita a seguir.

### **A. FLARToolKit**

Desenvolvida no final de 2008 por Tomohiko Koyama e Ryo Iizuka, FLARToolKit é a primeira biblioteca de software para desenvolvimento de aplicações de Realidade Aumentada baseada em Flash e derivada do popular ARToolKit. É de uso livre para fins não-comerciais sob a licença GPL. Implementada em ActionScript 3.0, possui diferencial no suporte a sistemas para dispositivos portáteis, como o Android, e na aplicação em web [3] [13].

## **6. ESTUDO DE CASO**

Dentre as diversas subáreas da Física, é na Mecânica – conteúdo usual do primeiro tópico de Física em disciplinas para cursos de graduação como Física, Química, Engenharias e Matemática e em livros relacionados – onde se acentuam os maiores problemas de compreensão [15]. A qualidade discutível do Ensino Médio e a falta do hábito de leitura estão entre as causas básicas destes problemas.

Por conseguinte, para o desenvolvimento do protótipo foi escolhido como estudo de caso o Movimento Circular, parte da Mecânica que relaciona definições fundamentais como aceleração e velocidade.

### **A. MOVIMENTO CIRCULAR UNIFORME**

Uma partícula está em Movimento Circular Uniforme (MCU) se ela se desloca ao redor de um círculo ou de um arco de círculo com velocidade escalar constante. Embora a velocidade escalar não varie, a partícula está acelerando [7]. Não existe nenhum componente da aceleração paralelo (tangente) à trajetória; caso houvesse, a velocidade escalar seria variável. À medida que a direção da velocidade varia, a direção da aceleração também varia [22]. O vetor aceleração em cada ponto da trajetória circular é orientado para o interior do círculo e por isso a aceleração associada ao

movimento circular uniforme é chamada aceleração centrípeta. Seu módulo  $\vec{a}$  é dado pela Equação 1, na qual  $r$  é o raio do círculo e  $v$  é o módulo da velocidade da partícula.

$$a = \frac{v^2}{r} \quad \text{Equação 1.}$$

A Figura 2 ilustra os vetores velocidade e aceleração para uma partícula em movimento circular uniforme. Ambos possuem módulos constantes, mas variam continuamente em direção [7].

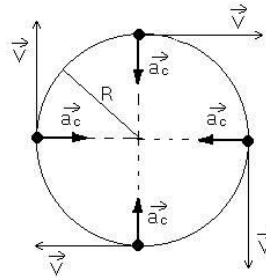


Figura 2. Vetores velocidade e aceleração para partícula em MCU.

Pode-se também expressar o módulo da aceleração em um movimento circular uniforme em termos do período  $T$  do movimento, ou seja, o tempo que a partícula leva para fazer uma revolução (uma volta completa em torno do círculo) por meio da expressão alternativa apresentada na Equação 2.

$$a = \frac{4\pi^2 r}{T^2} \quad \text{Equação 2.}$$

## B. MOVIMENTO CIRCULAR NÃO UNIFORME

Quando a velocidade varia, a partícula descreve um Movimento Circular Não Uniforme. Um exemplo é o movimento do carro de uma montanha-russa que diminui de velocidade quando sobe e aumenta de velocidade quando desce em torno de uma volta vertical. Em um movimento circular não uniforme, a Equação 1 ainda fornece a componente radial da aceleração, que é sempre perpendicular à velocidade instantânea e aponta para o interior do círculo. Porém, como a velocidade escalar  $v$  da partícula possui diversos valores em diferentes pontos da trajetória, o valor de  $a$  não é constante. Existe também um componente da aceleração tangente à circunferência, dado pela Equação 3, que juntamente com a Equação 1 representa o Movimento Circular Não Uniforme [7].

$$a_{tan} = \frac{d|\vec{v}|}{dt} \quad \text{Equação 3.}$$

## 7. IMPLEMENTAÇÃO E FUNCIONAMENTO DO SISTEMA

A coexistência entre o real e o virtual foi possível com a utilização de um “globo” real representando o planeta. Um satélite artificial orbitando-o foi a contribuição virtual. Apesar do movimento dos satélites artificiais ser elíptico, este contexto é válido por permitir a visualização do movimento uniforme em um contexto real e existente. Esta coexistência é mostrada na Figura 3.

A sensação criada no movimento do satélite de que o mesmo está realmente orbitando o planeta foi obtida ocultando-o no momento em que realizada a passagem por trás do planeta.

Para a implementação das interações possíveis no sistema tornou-se necessário a criação e uso de marcadores para cada finalidade: a) variação de velocidade; b) variação de aceleração; c) variação do raio. Aumentar ou diminuir estes valores depende do posicionamento dos respectivos marcadores sobre opções suspensas na cena gráfica do sistema. Estas opções são os sinais de adição (+) e subtração (-), que ficam no canto superior direito do sistema e aparecem sempre que um dos marcadores de interação é identificado. As Figuras 4 e 5 ilustram os objetos virtuais e seus respectivos menus.



Figura 3. Coexistência entre o ambiente real (globo) e o virtual (satélite artificial).

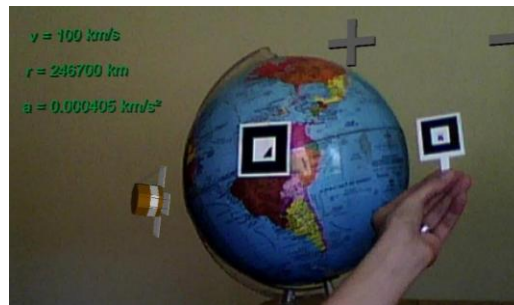


Figura 4. Esquema dos menus interativos e seus objetos virtuais

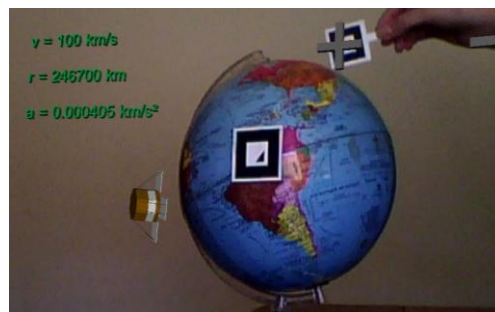


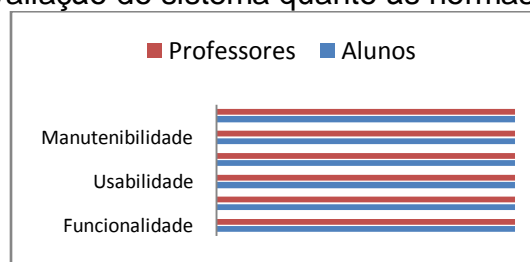
Figura 5. Esquema dos menus interativos e seus objetos virtuais

## 8. AVALIAÇÃO E RESULTADOS

O protótipo desenvolvido foi apresentado a alunos e professores da Universidade Federal de Goiás – Campus Jataí. A opção por alunos de graduação, especialmente de um curso de licenciatura, foi feita com duas finalidades: a) comprovar que a Realidade Aumentada é atrativa também a adultos e pode ser usada como recurso auxiliar no

método de ensino em universidades; b) apresentar esta tecnologia a futuros professores, visando sua inserção no ambiente de desenvolvimento de atividades metodológicas. Um total de trinta usuários (vinte e cinco alunos e cinco professores) testou e avaliou o sistema, de acordo com as normas ISO/IEC 9126 para qualidade de software [9]. Primeiramente foi feita a apresentação do mesmo, explicando os objetivos da aplicação e a tecnologia utilizada. Em seguida, grupos de cinco alunos e um professor testaram separadamente o protótipo, respondendo posteriormente um questionário com perguntas de cunho opinativo perante aspectos como funcionalidade, confiabilidade, usabilidade, eficiência, manutenibilidade e portabilidade. Os resultados obtidos, ilustrados no Gráfico 1, se mostraram satisfatórios aos propósitos do projeto, visto que cerca de 91% dos professores e 86,5% dos alunos opinaram favoravelmente à aplicabilidade do sistema.

Gráfico 1 – Avaliação do sistema quanto às normas ISO/IEC 9126.



## 9. CONCLUSÕES

Após a análise dos resultados oriundos do processo avaliativo, pôde-se concluir que os objetivos expostos – redução das dificuldades no processo de ensino-aprendizagem e desenvolvimento de uma interface interativa – foram atingidos em sua totalidade.

O enfoque na imersão e na interatividade da Realidade Aumentada proporciona o aperfeiçoamento do ensino e, conseqüentemente, o enriquecimento do aprendizado, adquirido de forma plena a partir de estímulos visuais e táteis. A possibilidade de presenciar a ocorrência virtual de fenômenos físicos, impossíveis de serem vistos ou demonstrados no mundo real, desperta o interesse do aluno para o estudo e compreensão do ocorrido, aproximando-o da formalidade científica da Física de maneira natural.

Entretanto, é necessário ressaltar que o conhecimento é resultado de um processo delicado de construção. Para que as características da Realidade Aumentada sustentem benefícios concretos a este processo, deve-se considerar a pesquisa e aplicação de procedimentos didáticos adaptados a essa nova visão do espaço do usuário.

### A. TRABALHOS FUTUROS

Para trabalhos futuros, sugere-se a expansão do estudo de caso para outros tópicos da Física igualmente considerados de difícil assimilação, como Movimento de Projéteis, Conservação da Energia, Mecânica dos Fluidos e Campo Elétrico.

## 10. REFERÊNCIAS

- [1] ANDRADE, C. R.; MAIA JR., M. S.. Ensino da Física e o Cotidiano: a percepção do aluno de Licenciatura em Física da Universidade Federal de Sergipe. Scientia Plena, Sergipe, vol. 4, n. 4, p. 2-8, abril. 2008.
- [2] ARAÚJO, Dionata M. de, et al. Uso de Realidade Aumentada como Ferramenta Complementar ao Ensino das Principais Ligações entre Átomos. In: 6° Workshop de Realidade Virtual e Aumentada – WRVA, Santos, 2009.
- [3] ARToolWorks community support fórum. Disponível em: <<http://www.artoolworks.com/community/forum/viewtopic.php?f=4&t=863>>. Acesso em: 23/07/2010.
- [4] AZUMA, R. T. Tracking Requirements for Augmented Reality. Communications of the ACM, 36(7):50-51, July 1993.
- [5] BONADIMAN, Helio; NONENMACHER, Sandra E.B.. O gostar e o aprender no ensino de Física: uma proposta metodológica. Cad. Bras. Ens. Fís., v.24, n.2: p.194-223, ago. 2007.
- [6] CARDOSO, A.; LAMOUNIER JR., E. Aplicações de RV e RA na Educação e Treinamento. In: COSTA, R. M.; RIBEIRO, M. W. S. Aplicações de Realidade Virtual e Aumentada. Livro do pré-simpósio SVR 2009. Porto Alegre: Editora SBC, 2009, p. 53-68.
- [7] HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. Fundamentos de Física: Mecânica. Volume 1, 7 ed. Rio de Janeiro; LTC, 2006.
- [8] Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira – Inep. Disponível em: <<http://www.inep.gov.br/superior/enade>>. Acesso em: 20/07/2010.
- [9] ISO/IEC 9126.. Software Product Evaluation - Quality Characteristics and Guideline for their Use. International Standards Organization, 1991.
- [10] KIRNER, Claudio. SICARA – Sistema Complexo Aprendente: Um Ambiente de Realidade Aumentada para Educação. Disponível em: <<http://www.ckirner.com/claudio/?PROJETOS:SICARA>>. Acesso em: 05/08/2010.
- [11] KIRNER, C.; TORI, R.. Introdução à Realidade Virtual, Realidade Misturada e Hiper-realidade. In: Claudio Kirner; Romero Tori. (Ed.). Realidade Virtual: Conceitos, Tecnologia e Tendências. 1ed. São Paulo, 2004, v. 1, p. 3-20.
- [12] KIRNER, C.; ZORZAL, E. R. Aplicações Educacionais em Ambientes Colaborativos com Realidade Aumentada. In: XVI Simpósio Brasileiro sobre Informática na Educação, 2005, Juiz de Fora - MG. Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação. Porto Alegre – RS: Sociedade Brasileira de Computação – SBC, 2005. v. 1, p. 114-124.
- [13] KOYAMA, Tomohiko. Saqoosha. Disponível em: <<http://saqoosha.net/en/flartoolkit/start-up-guide/>>. Acesso em: 23/07/2010.
- [14] MILGRAM, P. et. al. Augmented Reality: A Class of Displays on the Reality-Virtuality Continuum. Telemanipulator and Telepresence Technologies, SPIE, V.2351, 1994.



- [15] PEDUZZI, L. O. Q.; ZYLBERSZTAJN, A.; MOREIRA, M. A.. As concepções espontâneas, a resolução de problemas e a história da ciência numa sequência de conteúdos em mecânica: o referencial teórico e a receptividade de estudantes universitários à abordagem histórica da relação força e movimento. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol.4, n. 4, 1992. p. 239-246.
- [16] PISA 2006. *Competências em Ciências para o mundo de amanhã. Volume 1: Análise*. São Paulo: Moderna, 2008.
- [17] RIBEIRO, Marcos Wagner de Souza. *Arquitetura para Distribuição de Ambientes Virtuais Multidisciplinares*. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Engenharia Elétrica – UFU, Uberlândia, 2006. 176p.
- [18] SANTIN, R. et al. *Ações interativas em Ambientes de Realidade Aumentada com ARToolKit*. Proc. of VII Symposium on Virtual Reality, SP, out. 2006.
- [19] SEVERINO, E. Z. G.. *Recursos Virtuais em Aulas de Laboratório de Física*. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Educação – USP, São Paulo, 2006, 156p.
- [20] TORI, R. (Org.); KIRNER, C. (Org.); SISCOUTO, R. (Org.). *Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada*. 1. ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação - SBC, 2006. v. 1. 369 p.
- [21] SILVA, W. A.; RIBEIRO, M. W.S. Uma arquitetura para distribuição de ambientes de realidade aumentada aplicada à educação. *Revista Brasileira de Informática na Educação*. v. 6. p.57-69. 2008.
- [22] YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. *Física 1: Mecânica*. 10 ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2003.
- [23] ZORZAL, E. R.; KIRNER, Claudio; CARDOSO, Alexandre; LAMOUNIER JÚNIOR, Edgard. *Viabilizando o Desenvolvimento de Jogos Espaciais com Realidade Aumentada*. In: SEMISH - XXXIII Seminário Integrado de Software e Hardware, Campo Grande – MS, 2006.