

Desenvolvimento de Recursos Educacionais com Realidade Virtual e Aumentada: Desafios e Perspectivas

Alexandre Cardoso/UFU
Faculdade de Engenharia Elétrica.
Universidade Federal de Uberlândia
Uberlândia, Brasil
alexandre@ufu.br

Claudio Kirner/UNIFEI
Universidade Federal de Itajubá
Itajubá, Brasil
ckirner@gmail.com

Ismar Frango/ Mackenzie
Universidade Presbiteriana Mackenzie
São Paulo, Brasil
ismarfrango@gmail.com

Romero Tori/USP
Universidade de São Paulo – USP
São Paulo, Brasil
rometori@gmail.com

Abstract. This paper discusses the challenges related to the insertion of Virtual and Augmented Reality in the teaching and learning processes, considering their multidisciplinary aspect, the adherence to Web 3.0 and a scenario of possible gains and results with such an insertion. There will be pointed out the features that made VR and AR solutions with a potential big impact, despite not properly explored, as well as the challenges that are presented to Computers and Education field, and possible approaches to solve them.

Resumo. Este artigo discute os desafios relacionados à inserção de Realidade Virtual Aumentada nos processos de ensino e aprendizagem, considerando seu caráter multidisciplinar, a aderência à Web 3.0 e o cenário de possíveis ganhos e resultados com tal inserção. Destacam-se as características que tornaram RV e RA soluções com potencial grande impacto, ainda que não devidamente explorado, na educação, bem como os desafios que se apresentam à área de Informática na Educação e possíveis abordagens para solucioná-los.

Index Term: Realidade Virtual, Realidade Aumentada, Ensino e Aprendizagem

I. INTERFACES DE REALIDADE VIRTUAL E AUMENTADA NA EDUCAÇÃO

Interfaces de Realidade Virtual e Aumentada se distinguem das demais interfaces pela proximidade com o senso da visão humana, apoiada soluções apoiadas por 3D. Ao longo dos últimos anos, tais tecnologias têm merecido atenção pela rápida ascensão mercadológica, na cadeia de Inovação.

Em destaque, na atual versão do Hype Cycle for Emerging Technologies (Gartner's Group, 2017), pode-se verificar que a Realidade Virtual (RV) e Realidade Aumentada (RA) são apontadas como uma das 10 apostas para tecnologias emergentes nos próximos anos, já se posicionando à eminência de se tornar uma tecnologia para uso em larga escala, inclusive, do ponto de vista comercial - Figura 1.

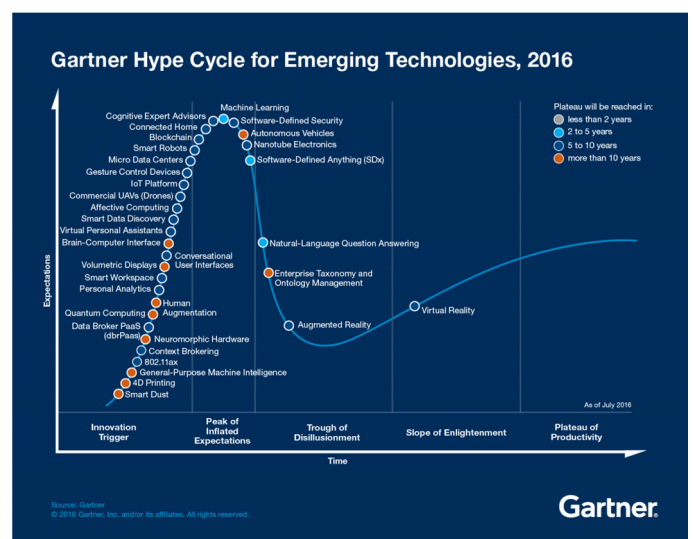


Figura 1 - Tecnologias Emergentes - Gartner (2017)

É mister destacar que tais formas de interface apresentam diferencial significativo na retenção e aprendizagem. A Realidade Virtual caracteriza-se por permitir a navegação em cenários tridimensionais (ambientes virtuais) disponibilizados em periféricos que suportam a interação com elementos de tais cenários, em tempo real. Além da visualização em si, a experiência do usuário em tais ambientes pode ser aprimorada com estimulação de outros sentidos, como a audição e o tato. Estes ambientes são gerados por computador, considerando aspectos relacionados com o domínio da aplicação, a experiência do usuário, os requisitos do sistema e os propósitos do desenvolvimento.

Como diferencial de utilização da Realidade Virtual, no ensino e aprendizagem, distinguem-se:

- I. motivação de estudantes e usuários de forma geral, baseada na experiência de 1ª pessoa vivenciada pelos mesmos, com retenção da informação vivenciada de forma interativa e pessoal;
- II. grande poderio de ilustrar características e processos, em relação a outros meios multimídia, com dispensa de grandes arquivos;
- III. permite visualizações de detalhes de objetos, desde estruturas microscópicas a universos;
- IV. permite experimentos virtuais, na falta de recursos, ou para fins de educação virtual interativa;

- V. permite ao aprendiz refazer experimentos de forma atemporal, fora do âmbito de uma aula clássica;
- VI. porque requer interação, exige que cada participante se torne ativo dentro de um processo de visualização e aprendizagem;
- VII. encoraja a criatividade, catalisando a experimentação;
- VIII. provê igual oportunidade de comunicação para estudantes de culturas diferentes, a partir de representações;
- IX. ensina habilidades computacionais e de domínio de periféricos.

Entretanto, há uma série de desafios a serem contornados de forma a prover condições de geração de material instrucional, apoiado por Realidade Virtual e Aumentada. Podem-se distinguir:

- I. Geração de Objetos Virtuais:** Como baseiam-se em componentes em 3D, faz-se necessária a modelagem dos elementos que serão utilizados nos ambientes. Tal modelagem requer detida avaliação de demandas, perfis dos objetos virtuais, capacidade de renderização de máquinas destino e aderência dos modelos aos usuários e aos ambientes virtuais afins.
- II. Concepção da Interface Comportamental:** Para atingir bom grau de imersão, faz-se necessária a concepção da interface, com definição da função de transferência que permita processos interativos de forma natural, dispensando aprendizado de equipamentos e/ou adaptações incômodas. É comum encontrar soluções nas quais a escolha do periférico se antecipou a definições da solução, impelindo a solução ao desuso;
- III. Aspectos de Imersão:** O processo de utilização dos ambientes virtuais e aderência ao ensino/aprendizagem demanda a perda da descrença por parte do usuário na experimentação/navegação/interação. Viabiliza-se tal característica com a imersão do mesmo no ambiente, por meio de aspectos de comportamento desejado, comportamento percebido e atuação motora. Sintetizando, o conjunto de software e hardware deve estar adequado à condição de presença do usuário, com processos intuitivos que capazes de representar ações complexas por meio da percepção/visualização e reação intuitiva a demandas da interface. Neste desafio, as ações, tomadas a partir das percepções são intuitivas, naturais e bem representadas nos cenários virtuais.

2. FERRAMENTAS DE AUTORIA E POPULARIZAÇÃO DE GERAÇÃO DE CONTEÚDO

Realidade Virtual (RV) e Realidade Aumentada (RA) sempre apresentaram desafios para a sua popularização, decorrentes da dependência de dispositivos especiais e de aplicações desenvolvidas por empresas ou especialistas. A forte motivação dessas áreas nas pessoas, advinda do uso de interfaces avançadas e mais intuitivas no espaço tridimensional (3D), não foi suficiente para superar as limitações e torná-las popular.

No entanto, com a evolução tecnológica, vários elementos encontrados em dispositivos especiais de RV e RA passaram a fazer parte de smartphones, permitindo que fossem ajustados como dispositivos de RV e RA. Além disso, surgiram capacetes de plástico e de papelão, sem eletrônica e de baixo custo ou mesmo custo zero, que podiam ser adquiridos ou construídos pelo próprio usuário para incorporar smartphones. Assim, um dos desafios da popularização de RV e RA, relacionados com a disponibilidade e com o custo dos dispositivos especiais, estava resolvido.

Restava ainda o desafio da disponibilização de aplicações de RV e RA adequadas às necessidades dos usuários. O que se tem

majoritariamente, hoje em dia, ainda são aplicações desenvolvidas por empresas e especialistas, que satisfazem mais a curiosidade das pessoas, pelo seu aspecto lúdico, do que suas reais necessidades.

Na área educacional, as demandas por aplicações personalizáveis são muito fortes, em função das características regionais e culturais dos professores e estudantes. A única maneira de resolver o desafio da personalização das aplicações é ter-se ferramentas de autoria de aplicações apropriadas para não especialistas e aplicações customizáveis com facilidade de troca de conteúdo. Desta maneira, professores e estudantes, de maneira geral, poderão desenvolver e apropriar-se de suas próprias aplicações, disponibilizando-as em repositórios abertos para uso por qualquer interessado, popularizando assim, o desenvolvimento, adaptação e uso de aplicações de RV e RA.

Nesse sentido, à guisa de exemplo, relatam-se aqui alguns aspectos do desenvolvimento e evolução de uma ferramenta de autoria de aplicações de RA e RV, denominada FLARAS (Souza, Moreira, Kirner, 2013), que permite, a usuários não especialistas em informática, definir pontos no espaço 3D e colocar informações e objetos 3D sobre eles. Além disso, esses elementos podem ser configurados, sonorizados com sons e narrações, animados e receberem funcionalidades interativas.

A ferramenta FLARAS (Flash Augmented Reality Authoring System) foi desenvolvida com a biblioteca FlarToolKit. FLARAS é um software de código aberto, disponível na Internet, juntamente com vasto material de apoio, incluindo versões do software, tutoriais e vários exemplos de projeto, que podem ser adaptados pelos usuários. A ferramenta FLARAS deve ser baixada da Internet e executada localmente, para produzir aplicações de RA, que podem ser executados localmente, ou que podem ser disponibilizados na Internet para uso online, sem instalação.

FLARAS possui uma interface de usuário que é um subconjunto da interface de desenvolvimento (Fig. 2). A interface de usuário envolve a área de visualização e a barra inferior de funções da interface. A interface de desenvolvimento apresenta a interface de usuário com outros três elementos adicionais específicos, envolvendo o menu superior, o grafo de cena e a área de parâmetros.



Fig. 2. Interface do software FLARAS.

A ferramenta FLARAS permite o desenvolvimento rápido de aplicações de Realidade Aumentada por usuários não especialistas, sem necessidade de programação, uma vez que é a autoria é visual. Os recursos usados no processo de autoria das aplicações envolvem: textos, imagens, sons, narrações, vídeos e

objetos 3D, que podem ser obtidos de repositórios na Internet ou desenvolvidos pelos usuários.

Para desenvolver uma aplicação, o usuário deve estruturá-la, usando pontos espaciais com cenas únicas ou cenas múltiplas empilhadas a eles associadas, conforme a Fig. 3, que mostra a estrutura física e a estrutura lógica do ambiente. Os pontos podem ser ativados, mostrando uma cena por vez, que pode ser trocada, navegando-se na lista de cenas (cenas empilhadas), para frente e para trás. Poderão existir pontos especiais que exercerão atração ou repulsão de cenas móveis específicas definidas pelo projetista. Além disso, há funções de animações cíclicas ou lineares de cenas.

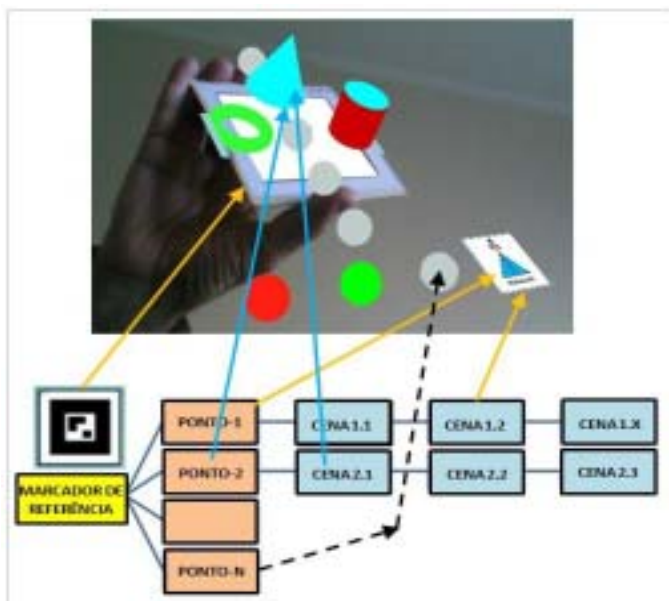


Fig. 3. Estrutura da aplicação de RA.

A interação com o mouse pode ser configurada, durante a autoria ou a execução da aplicação, usando a barra inferior de funções da interface, permitindo navegação, transporte, reposicionamento e visualização de cenas, dando flexibilidade à aplicação. Para usar uma aplicação, basta imprimir um único marcador (Marcador de Referência), ativar o link da aplicação em um arquivo local ou em uma página da Internet, mostrar o marcador para a webcam, fazendo aparecer o ambiente 3D da aplicação, e interagir com o uso do mouse, seguindo as instruções visuais e narradas.

No contexto do desenvolvimento do FLARAS, surgiu outro desafio para não especialistas: Como produzir as informações e objetos 3D que irão povoar o ambiente 3D das aplicações de RV e RA? Primeiramente, deve-se considerar que, embora lúdico, muitas vezes os objetos 3D são desnecessários no ambiente 3D, podendo ser substituídos por textos e imagens, facilitando assim o desenvolvimento da aplicação e sua utilização por ficar mais "leve". Uma característica importante das aplicações com FLARAS é que o ambiente virtual interativo fica sobreposto com o ambiente real capturado pela câmera nas aplicações de RA. Ao obstruir-se a câmera, o ambiente virtual permanece na tela, constituindo uma aplicação de RV.

Uma versão da ferramenta FLARAS para dispositivos móveis também foi desenvolvida, constituindo a ferramenta de autoria de aplicações de RA e RV denominada MAREAS (Mobile Augmented Reality Educational Authoring System). Essa ferramenta (Fig.4), ainda em fase de testes e de produção de tutoriais, devendo ser disponibilizada oportunamente para uso gratuito no site de RV (Kirner, 2017).

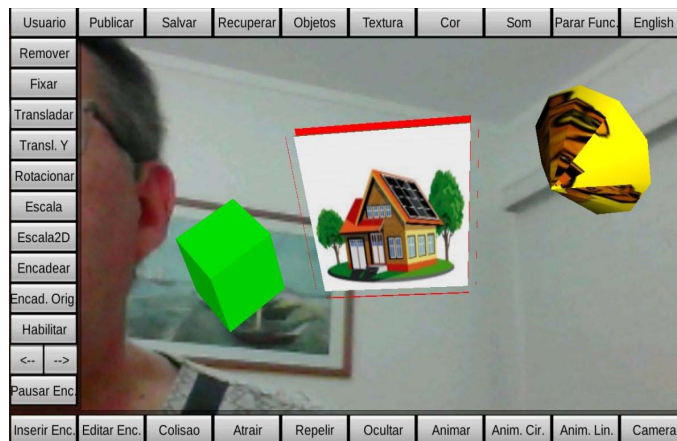


Fig. 4. Interface do software MAREAS.

O desenvolvimento de aplicações de RA e RV ocorre através de toques na tela do smartphone, usando recursos carregados por download ou transferência para o dispositivo.

Finalmente, um grande desafio para a área é tornar as aplicações de RV e RA inclusivas para pessoas com deficiência, envolvendo principalmente deficientes visuais e auditivos. Tanto o FLARAS quanto o MAREAS possuem recursos para apoiar essas pessoas. Para os deficientes visuais, FLARAS se serve de ambientes de baixo relevo, cujos pontos em protuberância são ativáveis pelo usuário e percebidos pela aplicação através de visão computacional, emitindo retorno sonoro. Para os deficientes auditivos, FLARAS usa retorno de texto e imagens com maior intensidade. Esses ambientes com retornos sonoros e textuais, além de servir para a integração dos deficientes a grupos de usuários sem deficiência, também permite estimular o uso de aplicações por crianças e idosos, compensando a falta ou a perda de destreza na interação com a aplicação. MAREAS usa retorno sonoro para deficientes visuais e retorno de texto e de imagens para deficientes auditivos, baseando-se na ativação por posicionamento na tela de toque do celular. Essas aplicações podem ser customizadas pelos usuários, trocando conteúdo envolvendo principalmente imagens, textos, sons e vídeos, podendo inclusive realizar conversão para outras Línguas, dando assim maior alcance às aplicações.

Portanto, apesar da popularização da RV e da RA ter sido um grande desafio, percebe-se que ferramentas de autoria e abordagens apropriadas podem contribuir para o desenvolvimento e adaptação de aplicações, de forma a atingir um grande número de usuários de forma personalizada, incluindo aqueles que apresentam alguma dificuldade de uso, apoiando principalmente a modernização da Educação.

3. CONTEÚDO SIGNIFICATIVO E INTERATIVO

Sempre que surge uma nova mídia é comum que professores e criadores de material instrucional corram para desenvolver ou adaptar conteúdos para essa nova tecnologia. Em geral ocorre uma certa euforia no início, com corpos docente e discente motivados com a novidade. Artigos e palestras em eventos enaltecem a chegada daquela que parece ser a tecnologia educacional definitiva, com resultados promissores de experimentos, nos quais invariavelmente aparecem avaliações positivas e entusiasmadas dos participantes. Novas startups surgem, como por exemplo a Oculearn (Swift and Allatt, 2017), especializada no desenvolvimento de conteúdos educacionais de RV. Toda essa euforia, contudo, pode se transformar em frustração e até mesmo aversão à mídia que parecia ser a solução para todos os problemas. Quando o Datashow e o Powerpoint chegaram à sala de aula parecia uma excelente ideia. Hoje, praticamente toda sala de aula possui esses recursos e todo professor prepara e disponibiliza a seus alunos os slides da aula. Mas se perguntarmos aos estudantes o que acham das aulas com

Powerpoint a grande maioria vai dizer que detesta e que aprende mais quando o professor utiliza a lousa. O que deu errado? Como evitar que a RV e a RA se tornem o “powerpoint do futuro”?

Várias são as questões e desafios envolvidos no uso de mídia em educação (Tori, 2010). A primeira questão é que o ser humano gosta de novidade. Isso explica porque os primeiros experimentos de uso de uma nova mídia invariavelmente conseguem envolver alunos e professores e são bem avaliados. Esses bons resultados incentivam a adoção crescente dessa novidade, muitas vezes, com grande foco na mídia e pouco no conteúdo. Ao deixarem de ser novidade os conteúdos que não forem excelentes tornam-se tediosos e o desgaste provocado pelos conteúdos menos interessantes acaba por prejudicar a aceitação até mesmo daqueles melhores. Outro erro comum são comparações entre “aulas convencionais” e “aulas produzidas com a nova mídia”. Essas comparações dificilmente conseguem separar mídia de metodologia. Além disso, as condições e os investimentos em preparação são discrepantes, o que compromete qualquer experimento científico, sem falar nos fatores “novidade” e “interesse artificial” que os experimentos com alunos produzem.

Segundo Richard Clark (1994) “a mídia nunca influenciará a aprendizagem”. Para sustentar sua posição o autor faz analogia com o caminhão que transporta alimento que, por ser apenas um meio, não tem como alterar o valor nutritivo dos alimentos que transporta. Essa analogia, no entanto, é facilmente derrubada se imaginarmos que um transporte inadequado pode sim deteriorar um produto. A mídia na educação deve, portanto, ser muito bem escolhida e os conteúdos adequadamente produzidos para que consigam, se não melhorar a aprendizagem, ao menos não prejudicá-la.

É inegável o potencial da RV e da RA como forma de tornar os conteúdos mais imersivos e eficazes a custos menores que transportar fisicamente os alunos para outras realidades ou criar réplicas e/ou simulações físicas de fenômenos. Mas para que os conteúdos virtuais imersivos sejam bem sucedidos é importante que alguns requisitos sejam atendidos:

3.1. Significado

Os conteúdos devem ser significativos para os alunos, ou seja, devem fazer sentido e se relacionar com seus conhecimentos. É importante que o aprendiz entenda a importância daquilo que irá aprender e vislumbre como isso pode impactar a sociedade ou sua futura profissão. O interesse deve ser pelo conteúdo, não pela mídia. Essa irá apenas torná-lo fácil e agradável de ser aprendido, mas não tem capacidade de torná-lo significativo.

Vejamos o exemplo dos jogos que utilizam RA. Antes do Pokémon Go, vários jogos, com a mesma mecânica e qualidade foram lançados pela mesma empresa. Mas apenas o primeiro foi um sucesso instantâneo, sendo que a RA teve pouca influência nesse sucesso. O segredo da enorme adesão ao jogo foi o significado do conteúdo. Jovens adultos de hoje cresceram convivendo com a narrativa e o universo virtual dos Pokémons. Para eles faz todo sentido encontrar esses personagens no jardim, na rua, na praça.

A mídia “jogo em dispositivo móvel com RA” apenas viabilizou algo que já fazia parte do imaginário dessa geração. Claro que um novo imaginário pode ser construído a fim de criar significado a determinado conteúdo. Mas enquanto o significado não existe o conteúdo será de pouco interesse.

3.2. Interatividade

A interatividade é o potencial de interação percebido pelo usuário de determinado sistema (Tori, 2010). Mesmo que o aluno

não precise interagir o tempo todo, o fato de saber que pode interagir faz toda diferença. Isso é interatividade, a qual reduz a distância entre aluno e conteúdo (Tori, op. cit.). Se o aprendiz não se sentir próximo ao conteúdo de RV ou RA a aprendizagem ficará aquém do potencial que a mídia, o conteúdo e a metodologia oferecem. A interatividade também deve ser significativa. O interator precisa perceber o impacto de suas ações e sentir que essas causam interferências importantes e significativas ao sistema.

3.3. Qualidade

Além da qualidade técnica do conteúdo desenvolvido para RV e RA (não pode haver atrasos, distorções, erros etc.), o que, por si já é um grande desafio, deve haver qualidade no design, na narrativa e na interface. A qualidade pedagógica nem precisa ser citada porque essa é condição necessária e indispensável. Para que o aluno seja transportado a uma outra realidade, essa precisa ser verossímil. Para a criação de realidades verossímeis é indispensável o cuidado com a narrativa (a experiência do cinema e dos games pode ajudar) e evitar fatores que lembrem o participante de que se encontra em outra realidade. A interface tem um papel importante nesse ponto. Sair da imersão para acionar menus e comandos da forma tradicional quebram o realismo e a imersão. Daí a importância de se criar formas de interação integradas ao ambiente virtual e o uso de interfaces naturais. Um dado importante é que a fidelidade gráfica da representação dos ambientes e personagens não é o fator mais relevante (Jerald, 2016). Basta nos lembrarmos de quão imersivo e envolvente o jogo Minecraft, para citar um exemplo, que consegue ser, mesmo com sua baixíssima definição gráfica (todos os personagens e objetos são formados por cubos). A interatividade, as respostas consistentes do ambiente, os movimentos e comportamentos podem ser mais relevantes que o realismo gráfico. Pelo contrário, um personagem ou objeto extremamente realista com um comportamento inconsistente com esse realismo é mais difícil de levar o participante a se sentir imerso que um ambiente cartunesco. As pessoas não tem dificuldade de se sentir em outra realidade, mesmo que essa seja a de um cartoon, desde que tudo se comporte com consistência.

4. ABERTURA DE RECURSOS EDUCACIONAIS COM SUPORTE A RV E RA

Uma discussão final sobre a questão da abertura de recursos educacionais em Realidade Virtual e Aumentada torna-se necessária. Refere-se aqui à aplicação de princípios de abertura ao *design* de recursos educacionais, no âmbito do movimento REA (Recursos Educacionais Abertos) (Wiley e Green, 2012). Nesse contexto, as reais possibilidades de reuso no contexto educacional tornam-se mais concretizáveis, com a adoção de padrões, licenças e formatos abertos.

As questões de reuso, clássicas na área de Engenharia de Software (e potencializadas pelo desenvolvimento orientado a componentes), também apareceram nos anos iniciais da pesquisa em Objetos de Aprendizagem, acreditava-se haver uma relação direta entre a granularidade dos OAs e seu potencial de reuso (Silveira et al., 2007). A evolução da área mostrou que esta acepção era equivocada, uma vez a questão do contexto educacional é um fator preponderante no *design* de recursos educacionais, o que faz com que recursos com muito baixa granularidade, que teoricamente teriam maior potencial de reuso pelos princípios herdados da Engenharia de Software, apresentam uma forte descontextualização, o que pode dificultar ou mesmo impedir seu reuso em um processo de *design* instrucional..

Ao adotar os princípios 5R - Reuso, Revisão, Remixagem, Redistribuição e Retenção de licença (Wiley, 2014), os REA podem aumentar o potencial de reuso dos recursos educacionais. Entretanto, isto não é facilmente quantificável, o que leva a um desafio específico no contexto dos REA, como aponta Silveira (2016), que é a superação da falta de evidência de reuso dos REA. Beaver (2013) alerta que o reuso de REAs não é facilmente rastreável, uma vez que ele pode se dar de maneira indireta (como inspiração na criação de outros REAs) ou ainda em situações de *repurposing*.

Ao se especializar esta discussão no que tange aos recursos educacionais com suporte a interfaces (ainda) não-convencionais, dois desafios principais, específicos relacionados ao reuso surgem.

O primeiro deles é relacionado à revisão, remix e *repurposing* de REAs com suporte a RA/RV: o suporte a alterações constantes é característica inerente aos REA. Ao suportar interfaceamento com RV e RA, esta característica converte-se em um desafio tanto técnico quanto ao que diz respeito ao processo de *design* instrucional. Há níveis crescentes ou decrescentes de complexidade quando se trata de promover mudanças em conteúdos projetados para suportar RV e RA.

A Figura 5 exibe um *continuum* de complexidade em relação aos diferentes graus de mudança possíveis em conteúdo educacional desta natureza.

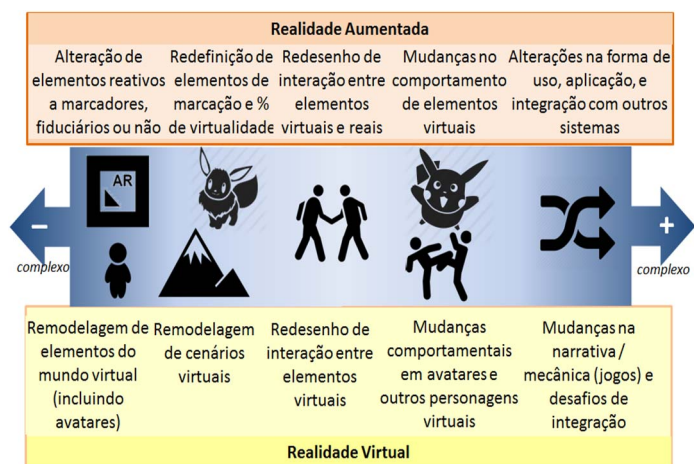


Figura 5. *Continuum* de complexidade de realização de alterações em REA com suporte a RA e RV. (Fonte: autores)

O segundo desafio refere-se ao reuso entre dispositivos. Um dos principais problemas no que tange ao reuso de aplicações está na incompatibilidade entre dispositivos. No contexto educacional, o desenvolvimento de recursos digitais com suporte a RA e RV frequentemente está intrinsecamente conectado a um determinado dispositivo, ou ainda a uma família bem-definida destes.

Nesse sentido, iniciativas como a OSVR - *Open-source Virtual Reality* (Boger, Pavlik e Taylor, 2015) lançam luz sobre este problema, propondo uma arquitetura que permita a interoperabilidade de conteúdos, ainda que desenvolvidos para dispositivos específicos.

A Figura 6 explicita a solução proposta para este desafio.

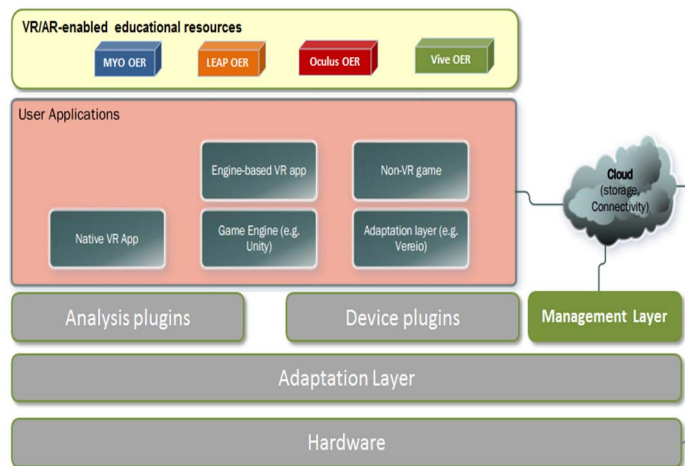


Figura 6. Solução OSVR aplicada ao desafio de interoperabilidade de REAs com suporte a RV e RA - adaptada a partir de Boger, Pavlik e Taylor (op. cit)

Um dos grandes desafios para a interoperabilidade de recursos educacionais potenciados por RV e RA é justamente a necessidade de desenvolver soluções diferentes para hardwares específico.

Arquiteturas que promovem uma interface comum para dispositivos de entrada e saída e aplicativos, os produtores de recursos educacionais não mais desenvolveriam soluções específicas de hardware - o qual, em tese, poderia ser mesmo alterado sem levar a um redesenho da solução educacional.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apontada como uma das promessas eficazes na aproximação e estreitamento do diálogo entre os agentes dos processos de ensino e aprendizagem, Realidade Virtual e Aumentada podem auxiliar, sobremaneira, alguns desafios de tais processos.

Entretanto, como pôde-se relatar, há diversos aspectos fundamentais que serão colocados como desafios para a disseminação de tais tecnologias. Os autores apontam, para a próxima década, a possibilidade de popularização de material instrucional por tais agentes, com dispensa de aprendizagem de técnicas e métodos complexos de programação, a geração de conteúdo significativo e o reuso de recursos educacionais já concebidos e em bom uso como elementos de tais processos.

REFERÊNCIAS

- Beaven, T. (2013). Use and Reuse of OER: professional conversations with language teachers. *Journal of e-Learning and Knowledge Society*, 9(1), 59-71.
- Boger, Y. S., Pavlik, R. A., & Taylor, R. M. (2015, March). OSVR: An open-source virtual reality platform for both industry and academia. In *Virtual Reality (VR), 2015 IEEE* (pp. 383-384). IEEE.
- Earnshaw and J. A. Vince, England, Academic Press Ltd., p. 449-460.
- Gartner: <http://blogs.gartner.com/smarterwithgartner/files/2016/08/Emerging-Technology-Hype-Cycle-for-2016-Infographic-revise2.jpg>, Acesso em: 17/04/2017.
- Jerald, J. *The VR Book: Human-Centered Design for Virtual Reality*. Association for Computing Machinery and Morgan & Claypool Publishers, 2016.
- Kirner, C. (2017). Realidade Virtual e Aumentada, 2017, Disponível em: <http://realidadevirtual.com.br>. Acesso em: 18/04/2017.
- Silveira, I. F., Araújo, C. F., Amaral, L. H., Alcântara de Oliveira, I. C., Schimiguel, J., Ledôn, M. F. P., & Ferreira, M. A. G. V. (2007). Granularity and reusability of learning objects. *Learning objects and instructional design*, 1, 139-170.
- Silveira, I. F. (2016). OER and MOOC: The need for openness. *Issues in Informing Science and Information Technology*, 13, 209-223.

Smith, A. and Jones, B. (1999). On the complexity of computing. In *Advances in Computer Science*, pages 555–566. Publishing Press.

Souza, R.C., Moreira, H.D.F. , Kirner, C. (2013) FLARAS - Flash Augmented Reality Authoring System, 2013, Disponível em: <http://ckirner.com/flaras2>. Acesso em: 18/04/2017.

Swif, R. and Allatt, D. (2017) *Virtual Reality In Education: Our Path to Reality*. London: Oculearnig.

Tori, R. *Educação sem Distância*. São Paulo: Editora Senac, 2010.

Wiley, D. (2014). The Access Compromise and the 5th R. *Iterating toward openness*.

Wiley, D., & Green, C. (2012). Why openness in education. *Game changers: Education and information technologies*, 81-89.