



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL de LONDRINA

---

BEATRIZ MIHO ANAMI

**BOAS PRÁTICAS DE REALIDADE  
AUMENTADA APLICADA À EDUCAÇÃO**

---

LONDRINA-PR

2013

**BEATRIZ MIHO ANAMI**

**BOAS PRÁTICAS DE REALIDADE  
AUMENTADA APLICADA À EDUCAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Bacharelado em Ciência da Computação da Universidade Estadual de Londrina para obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação.

Orientador: Prof. Dr. Alan Salvany Felinto

**LONDRINA-PR**

**2013**

---

Beatriz Miho Anami

Boas práticas de realidade aumentada aplicada à educação/ Beatriz Miho Anami. – Londrina-PR, 2013-

49 p. : il. (algumas color.) ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Alan Salvany Felinto

– Universidade Estadual de Londrina, 2013.

1. Realidade aumentada. 2. Tecnologia educacional. I. Prof. Dr. Alan Salvany Felinto. II. Universidade Estadual de Londrina. III. Departamento de Computação. IV. Boas práticas de realidade aumentada aplicada à educação

CDU 02:141:005.7

---

**BEATRIZ MIHO ANAMI**

**BOAS PRÁTICAS DE REALIDADE  
AUMENTADA APLICADA À EDUCAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Bacharelado em Ciência da Computação da Universidade Estadual de Londrina para obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Alan Salvany Felinto  
Universidade Estadual de Londrina  
Orientador

---

Prof. Msc. Rafael Robson Negrão  
Universidade Estadual de Londrina

---

Prof. Msc. Helen Cristina de Mattos  
Senefonte  
Universidade Estadual de Londrina

Londrina-PR, 24 de novembro de 2013

**LONDRINA-PR**

**2013**

# AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que contribuíram não somente para a realização deste trabalho, mas também para a construção do meu conhecimento e minha essência.

Agradeço pela paciência, compreensão e apoio durante todo este período de convívio.

*“Technology will definitely solve all our problems, but in the process it will create brand new ones. But that’s OK because the most you can expect from life is to get to solve better and better problems.”*

*Scott Adams*

ANAMI, B. M.. **Boas práticas de realidade aumentada aplicada à educação**. 49 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Bacharelado em Ciência da Computação – Universidade Estadual de Londrina, 2013.

## RESUMO

A realidade aumentada (RA) é uma tecnologia em ascensão que tem emprego em diversas áreas do conhecimento. Existe um grande desenvolvimento de aplicações e sistemas de RA na educação, que visam aprimorar o processo de aprendizado dos estudantes. Porém, a relevância da tecnologia no aprendizado é questionável. Este trabalho apresenta o estado da arte das definições e tecnologias de RA e a fundamentação teórica utilizada para embasar sua utilização na educação, assim como suas vantagens de design. A partir desse estudo, foi formulada uma lista de boas práticas de sistemas de RA para a educação, que visa a melhora da implementação de projetos de RA no aprendizado e ensino, para que a tecnologia seja aplicada de forma mais significativa.

**Palavras-chave:** realidade aumentada, tecnologia educacional.

ANAMI, B. M.. **Best practices for augmented reality applied to education.** 49 p. Final Project (Undergraduation). Bachelor of Science in Computer Science – State University of Londrina, 2013.

## ABSTRACT

Augmented reality is an ascending technology that has applications in many other areas. There is a broad development of the technology in the field of education and its purpose is to boost the learning processes for the students. However, the significance of augmented reality for the learning processes is questionable. The present work aims to reveal the state of art of augmented reality technology and the theoretical basis and design advantages for its use in education. Through the study, a best practices list was formulated to help on the project design of augmented reality systems focused on education, for a more meaningful application of augmented reality in this field of study.

**Keywords:** augmented reality, educational technology.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – <i>Reality-virtuality continuum</i> de Milgram . . . . .	12
Figura 2 – <i>Sensorama</i> . . . . .	15
Figura 3 – O HMD de Ivan Sutherland . . . . .	16
Figura 4 – Videoplace . . . . .	17
Figura 5 – Vista de gráfico sobreposto através do HMD no KARMA . . . . .	17
Figura 6 – Vista do <i>AR Quake</i> pelo jogador . . . . .	18
Figura 7 – <i>Wikitude World Browser</i> . . . . .	19
Figura 8 – Visão através de um HUD . . . . .	19
Figura 9 – Linha de <i>First-Down</i> no futebol americano . . . . .	20
Figura 10 – QR Code . . . . .	22
Figura 11 – <i>Marker</i> de RA . . . . .	23
Figura 12 – Um tipo de dispositivo HMD . . . . .	24
Figura 13 – <i>Google Glass</i> . . . . .	24
Figura 14 – RA no iPhone e iPad . . . . .	25
Figura 15 – <i>Augmented Reality Go</i> . . . . .	26
Figura 16 – Quiosque <i>Lego Digital Box</i> . . . . .	27
Figura 17 – <i>Pinch gloves</i> . . . . .	28
Figura 18 – <i>Wireless wristband</i> . . . . .	28
Figura 19 – Interface do <i>Phantom</i> . . . . .	29
Figura 20 – Interface do <i>Studierstube</i> . . . . .	30
Figura 21 – <i>ARTankwars</i> . . . . .	31
Figura 22 – MIT <i>sixth sense wearable gestural interface</i> . . . . .	32

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

RA	Realidade Aumentada
RV	Realidade Virtual
ARToolKit	<i>Augmented Reality Toolkit</i>
HMD	<i>Head-Mounted Display</i>
HUD	<i>Heads-Up Display</i>
6DoF	<i>Six Degrees-of-Freedom</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
iOS	<i>iPhone Operating System</i>
3D	3 Dimensões
2D	2 Dimensões
TUI	<i>Tangible User Interface</i>
HVS	<i>Human Vision System</i>
MIT	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>
QR Code	<i>Quick Response</i>
URL	<i>uniform resource locator</i>
KARMA	<i>Knowledge-based Augmented Reality for Maintenance Assistance</i>

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>Realidade Aumentada</b>	<b>12</b>
2.1	Definição e conceitos	12
2.2	Breve histórico	14
2.3	Aplicações	18
<b>3</b>	<b>Tecnologias em realidade aumentada</b>	<b>21</b>
3.1	Visão computacional	21
3.2	Hardware	23
3.2.1	<i>Display</i>	23
3.2.2	<i>Input</i>	25
3.2.3	<i>Tracking sensors</i>	26
3.3	Software	26
3.4	Interação em ambientes de realidade aumentada	28
<b>4</b>	<b>Potencial da realidade aumentada para a educação</b>	<b>33</b>
4.1	Recursos da realidade aumentada para a educação	33
4.2	Vantagens da realidade aumentada no aprendizado	35
4.3	Aspectos pedagógicos	37
4.3.1	Teorias cognitivas	37
4.3.2	Ambientes de aprendizado em realidade aumentada	39
4.4	Impedimentos	40
<b>5</b>	<b>Significância da realidade aumentada no aprendizado</b>	<b>42</b>
5.1	Considerações do estudo	42
5.2	Boas práticas em sistemas de realidade aumentada	44
5.2.1	Autenticidade da realidade aumentada	44
5.2.2	Pré-requisitos	45
5.2.3	Decisões de projeto	45
<b>6</b>	<b>Conclusão</b>	<b>46</b>
	<b>Referências</b>	<b>47</b>

# 1 INTRODUÇÃO

A RA é a impressão de elementos virtuais em ambientes reais, acrescentando informações ou dados ao mundo real. No âmbito da educação, a RA pode ser utilizada de várias formas, como por exemplo, estimulando o estudante na análise do mundo real ao ofertar informações suplementares, objetos virtuais, ligadas ao ambiente real. Ela pode também se estender na integração do mundo real com recursos de aprendizado digitais, por exemplo, possibilitando a visualização de fenômenos que não podem ser reproduzidos em ambiente real. E, por fim, a manipulação de materiais virtuais em uma variedade de perspectivas [1].

Porém, de acordo com Wu [1] e Billinghamurst [2], a tecnologia envolvida no processo de criação de um ambiente de RA, por si só, não oferta grandes benefícios à educação. A tecnologia deve servir de apoio e oferecer recursos para um aprendizado significativo. Logo, a RA deve ser tratada mais como um conceito na educação do que uma tecnologia, já que o foco está no aprendizado resultante da tecnologia envolvida no processo.

Ainda que a realidade aumentada não seja um assunto recente, os principais desenvolvimentos na área de educação se concentram nas duas últimas décadas, citados por El Sayed [3] em trabalhos correlatos e em Wu [1]. Os dois artigos abordam as novas tecnologias, pesquisas e esforços para a implantação da RA como um objeto de ensino e aprendizado. Assim, um estudo da relevância dos métodos e ferramentas de realidade aumentada utilizadas em educação se faz necessário, para que a tecnologia possa ser bem empregada no cotidiano de ensino.

O presente trabalho é, portanto, uma análise de abordagem da RA que seja significativa para a educação em geral. Através do levantamento do estado da arte da RA na educação e de suas tecnologias, será formulada uma lista de boas práticas para sistemas de RA que sejam voltados para o ensino e aprendizado.

O trabalho está dividido em três grandes seções. Na primeira seção é apresentado o estado da arte da RA, conceitos, tecnologias e uma pequena gama de aplicações. A segunda seção aborda a RA aplicada à educação, suas vantagens relativas à tecnologia e ao aprendizado, assim como os atuais impedimentos para o emprego efetivo na área. E a última seção do trabalho apresenta uma análise da relevância da RA na educação e uma proposta de boas práticas a serem consideradas no desenvolvimento de um sistema de RA voltado à educação.

## 2 REALIDADE AUMENTADA

A RA é um conceito relativamente novo. A maturidade de suas definições e tecnologias foram alcançadas recentemente, assim como a abrangência de suas aplicações em diversas áreas.

Neste capítulo, são abordados os conceitos e definições de RA, propostos por diversos autores, empregados e aceitos na comunidade científica. É apresentado, também, um breve histórico da RA, onde estão ressaltados os principais desenvolvimentos da tecnologia, desde o seu surgimento.

### 2.1 Definição e conceitos

A RA é uma tecnologia que permite a projeção de dados e informações virtuais em objetos do mundo real [4]. Ela é classificada como uma variação da realidade virtual (RV). Porém, enquanto a RV transporta o usuário a um ambiente completamente sintético, a RA apenas aprimora a realidade.

Para melhor elucidar os conceitos relativos à virtualidade, foi definido o *reality-virtuality continuum* (contínuo da virtualidade) [5], onde a RA e a RV não são antagônicas, e sim parte de um contínuo, ilustrado pela Figura 1.

Figura 1 – *Reality-virtuality continuum* de Milgram



Fonte: [5]

Dentro do *reality-virtuality continuum* existem 4 grandes categorias de classificação da virtualidade [5]:

- *Real environment* (ambiente real): o extremo esquerdo do contínuo, é a visão de um ambiente formada apenas por objetos reais;

- *Augmented reality* (realidade aumentada): o mundo real é o ambiente principal e é aumentado através de dados gerados por computador;
- *Augmented virtuality* (virtualidade aumentada): o mundo virtual é o ambiente principal e é aumentado por objetos do mundo real;
- *Virtual environment* (ambiente virtual): é um ambiente completamente formado por objetos virtuais. A realidade é completamente substituída por um ambiente totalmente sintético.

Em Klopfer [6], o autor aborda a distinção entre as categorias de virtualidade através de um peso relativo ao aumento de informações proporcionadas pela RA. Sendo assim, a quantidade de dados virtuais fornecidos ao usuário é o que determina o peso. Neste aspecto, a tecnologia ganha seu papel na RA [1]. As tecnologias referentes à RA são abordadas no próximo capítulo.

## Características

O principal objetivo da RA é adicionar informações e significado a um objeto real ou lugar para aprofundar o entendimento de uma pessoa sobre um assunto. Ela combina várias tecnologias para gerar informações digitais na percepção visual [7].

Potencialmente, a RA não se restringe à percepção visual. Ela também pode ser aplicada a outros sentidos, como o olfato, o tato e a audição [8]. Neste contexto, a RA pode aumentar, ou até mesmo substituir, algum sentido deficiente ou ausente em uma pessoa, por exemplo, a percepção auditiva de um surdo ou portador de deficiência auditiva, pode ser aumentada através de indicações ou sinais visuais [9].

Desta forma, Azuma [8] propõe que os sistemas de RA sejam caracterizados por três propriedades, evitando que eles sejam limitados a apenas um tipo de tecnologia:

- Combinação de objetos reais e virtuais em um ambiente real;
- Execução em tempo real com interatividade;
- Alinha os objetos reais e virtuais entre si.

Klopfer [6] também defende que a RA não deve ser definida de forma restrita. Ele aplica o termo a qualquer tecnologia capaz de combinar informações reais e virtuais de forma significativa. Assim, a RA proporciona ao usuário uma experiência imersiva, onde o mundo real e virtual são misturados, e suas interações e envolvimento com o ambiente são aumentadas [1].

Do conjunto de propriedades definidas por Azuma [8] e da caracterização da RA por Klopfer [6], pode-se derivar outros três aspectos essenciais para a RA [10]:

- **Imersão:** envolve os aspectos físicos do ambiente e a condição sob a qual seus usuários são envolvidos pelas atividades propiciadas pelas tecnologias de RA. O uso de diferentes tecnologias pode resultar em diferentes níveis de imersão, mas independente do nível de imersão, o bom alinhamento dos objetos reais e virtuais é um aspecto importante para que o usuário seja envolvido pela atividade;
- **Interação:** é diretamente ligada à segunda propriedade. A interação é um elemento necessário em RA, ou seja, mesmo que um sistema, programa ou tecnologia consiga combinar e alinhar objetos virtuais a objetos reais, a ausência de interatividade faz com que ele não seja caracterizado como RA [11];
- **Navegação:** o processo de navegação está ligado ao alinhamento dos objetos reais e virtuais. A cada mudança de perspectiva do usuário, um sistema de RA deve ser capaz de se adaptar às mudanças através do reconhecimento de objetos e lugares. A navegação não é o principal objetivo de um ambiente de RA, porém ela implica diretamente na interação do usuário com o ambiente e na sensação de imersão.

Existe uma proposta de *framework* que salienta as características da RA citada em Wu [1]. O *framework* é composto por imersão, ubiquidade e multiplicidade. Os três conceitos se referem, respectivamente, ao nível de imersão do usuário, ligado ao *reality-virtuality continuum* [5], à questão da utilização do sistema, onde devem ser definidas as tecnologias de acordo com a necessidade da situação ou mesmo das características do problema abordado, e à concorrência de uso do sistema entre um ou mais usuários.

Neste ponto já é possível perceber que, por mais que existam diversas definições e conceitos de RA, existem características comuns à uma grande parte da literatura. Elas são ressaltadas ao longo do trabalho e utilizadas como base para constituir a lista de boas práticas proposta.

## 2.2 Breve histórico

O primeiro registro do uso da RA data de 1962, onde o cinegrafista Morton Heilig desenvolveu um simulador de motocicleta, denominado *Sensorama* (Figura 2), que envolvia o usuário em um ambiente de tecnologia multi-sensorial, com recursos visuais, auditivos, vibração e cheiro.

Em 1966, Ivan Sutherland inventou o *optical see-through head-mounted display* (HMD), uma tecnologia de display utilizada em RA e RV. Dois anos depois ele criou o primeiro sistema de RA, intitulado *The Sword of Damocles* (Figura 3), que utilizava o

Figura 2 – *Sensorama*

Fonte: [9]

HMD. Foi um dos primeiros exemplos que usou um controlador com o conceito de *Six degrees-of-freedom* (6DoF).

No ano de 1975, Myron Krueger criou um sistema de RA que, pela primeira vez, permitia que os usuários interagissem com objetos virtuais. O videoplace (Figura 4).

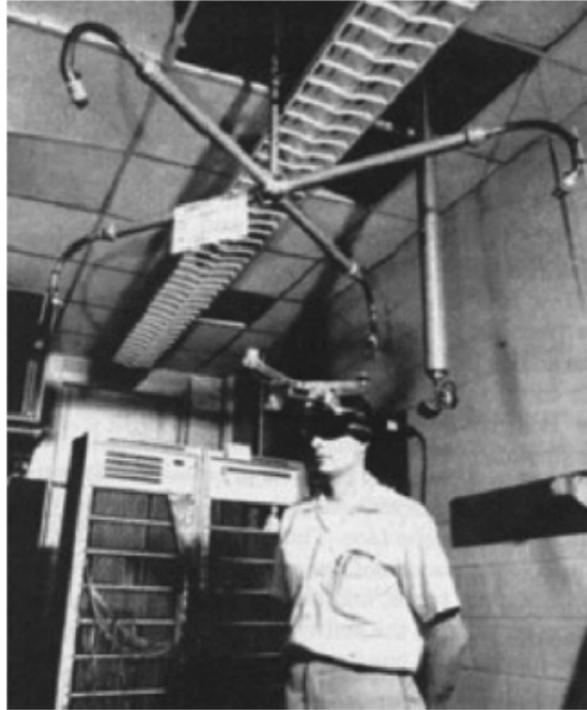
Quase duas décadas depois, Tom Caudell e David Mizell receberam o mérito pela definição do termo RA durante uma pesquisa de desenvolvimento de um software que facilitasse o processo de produção da *Boeing*, através da sobreposição do arranjo de cabos, facilitando o trabalho de montagem. Eles também são reconhecidos pelo início das discussões das vantagens da RA sobre a RV [12].

Na mesma época, o grupo de pesquisadores Steven Feiner, Blair MacIntyre e Doree Seligman, apresentaram o *Knowledge-based Augmented Reality for Maintenance Assistance* (KARMA), que é um protótipo de um sistema que se utiliza de um HMD para explicar a manutenção de uma impressora para o usuário final [13]. A Figura 5 apresenta a visualização da impressora através do HMD pelo sistema KARMA.

Em 1994, Paul Milgram e Fumio Kishino apresentaram o conceito de *reality-virtuality continuum* em [5], já apresentado na seção anterior (Figura 1), e define que a RA e virtualidade aumentada estão inseridas neste *continuum*, a primeira mais próxima ao mundo real e a segunda mais próxima do ambiente virtual.

A primeira aparição dos *markers* (marcadores), foi em 1996, desenvolvido por Jun

Figura 3 – O HMD de Ivan Sutherland



Fonte: [9]

Rekimoto no protótipo NaviCam [14]. O *marker*, que será discutido no próximo capítulo, é uma das formas de apresentar os objetos ou informações digitais no espaço real.

Ronald Azuma, no ano seguinte, publicou o primeiro *survey* na área de RA, [15], onde definiu a RA de forma que é utilizada até hoje. No ano de 2001, Azuma em [8], atualizou o *survey*.

Um marco importante para o desenvolvimento da RA foi a publicação do ARToolKit (*Augmented Reality Toolkit*) em 1999, por Hirokazu Kato. Este conjunto de ferramentas *open source* permite a sobreposição de objetos virtuais em uma captura de vídeo, a inclusão de gráficos 3D (três dimensões) e atua em qualquer sistema operacional. O ARToolKit ainda é amplamente empregado e os principais projetos de RA que utilizam a ferramenta podem ser encontrados em [16].

Em 2000, foi desenvolvido uma versão de RA do jogo *Quake* [17] por Bruce Thomas, o “*AR Quake*” (Figura 6). O jogo incorporava uma série de tecnologias em RA, o sistema 6DoF *tracking*, GPS (*Global Positioning System*), uma bússola digital e *vision-based marker tracking*.

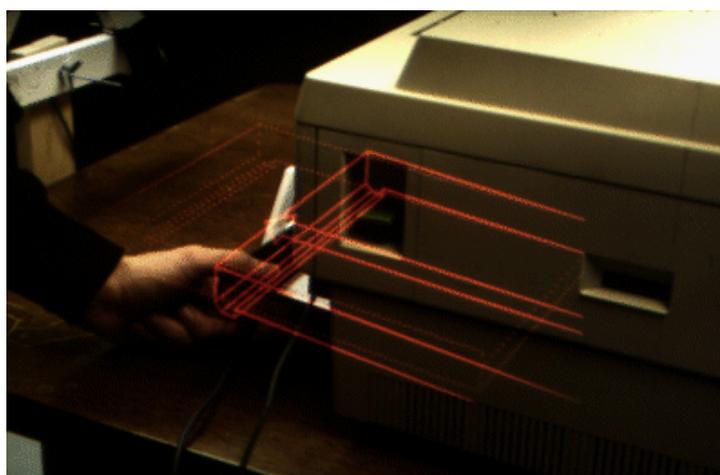
O primeiro sistema de *marker tracking* para celulares, foi mostrado em 2004 por Mathias Möhring. Foi o primeiro trabalho a apresentar um sistema de RA *video see-through* em um celular comum.

Figura 4 – Videoplace



Fonte: [9]

Figura 5 – Vista de gráfico sobreposto através do HMD no KARMA



Fonte: [13]

Em 2008, a RA começa a ser desenvolvida na forma de aplicativos para *smartphones* e a experiência proporcionada ao usuário na prática fica mais próxima ao verdadeiro objetivo da RA. A Mobilizy foi uma das pioneiras no desenvolvimento destes aplicativos com o *Wikitude World Browser* (Figura 7), que combinava o GPS e uma bússola com dados da *Wikipedia*, sobrepondo as informações na visualização da câmera do *smartphone*.

A partir deste breve histórico, é possível identificar que a RA possui uma ampla gama de aplicações, desde o campo do entretenimento até a indústria, e sua principal motivação é facilitar o acesso a informações relativas aos problemas em questão através de uma interface interativa.

Figura 6 – Vista do AR *Quake* pelo jogador

Fonte: [9]

## 2.3 Aplicações

A RA tem uma notável evolução ao longo das últimas décadas, principalmente em relação ao seu aspecto tecnológico. Atualmente, os dispositivos que suportam a execução de sistemas de RA são mais acessíveis e existem diversas pesquisas que visam ampliar a utilização da RA, tornando-a uma tecnologia mais robusta e preparada para o emprego em outras áreas do conhecimento.

Inicialmente, a mais conhecida aplicação de RA era na área militar. Os *Heads-Up Displays* (HUD) utilizados por pilotos de jatos militares, mostravam dados digitais relativos ao voo, como por exemplo, a altitude do avião e sua velocidade (Figura 8).

Outra área bastante conhecida no emprego de RA é a indústria de manutenção e fabricação. Como já citado na seção anterior, Tom Caudell e David Mizell desenvolveram um sistema de RA que auxiliava no processo de montagem da Boeing e o grupo de Steven Feiner o KARMA, destinado para o auxílio da manutenção de uma impressora.

Um campo de aplicação da RA que se tornou comum é o do esporte, onde as análises de jogo podem ser ilustradas por sobreposição de imagens no campo aos telespectadores, como mostra a Figura 9.

Existem diversas outras áreas onde a RA pode e está sendo aplicada, mas a análise de todas elas não entra no escopo deste trabalho. O foco do trabalho se encontra na área de educação, assunto discutido nos próximos capítulos.

Figura 7 – Screenshot do Wikitude World Browser para dispositivos iOS (iPhone Operating System) já na versão 7.8.3



Fonte: iTunes

Figura 8 – Visão através de um HUD



Figura 9 – Linha de *First-Down* aumentada na transmissão de um jogo de futebol americano



Fonte: [11]

## 3 TECNOLOGIAS EM REALIDADE AUMENTADA

No presente capítulo, são mostrados os elementos necessários para a construção de um sistema de RA, quais são as tecnologias disponíveis, tanto em hardware quanto em software, para o sistema e quais são os tipos de interação suportados em ambientes de RA.

### 3.1 Visão computacional

O funcionamento de um sistema de RA depende, basicamente, da impressão de elementos virtuais no mundo real. Para isso, são utilizadas técnicas de visão computacional para renderizar objetos em 3D na visualização do mundo real pelas câmeras de rastreamento [9].

O registro de imagens em RA se relaciona, sobretudo, com as técnicas de visão computacional de monitoramento ou rastreamento de vídeo. Esses métodos, usualmente, se baseiam em duas etapas, a de rastreamento e a de reconhecimento ou reconstrução [9].

A primeira etapa consiste em detectar um marcador fiducial, uma imagem ou pontos de interesse. A detecção pode se utilizar de técnicas de processamento de imagem, como a detecção de bordas ou o *feature detection*, para interpretar as imagens da câmera. Uma vez que a conexão entre a imagem 2D (duas dimensões) e uma estrutura 3D do mundo real seja formada, a câmera pode projetar coordenadas 3D baseadas nas coordenadas da imagem em 2D.

A etapa de reconhecimento, reconstrução, utiliza os dados recolhidos na primeira etapa, para reconstruir um sistema de coordenadas do mundo real.

Os métodos de rastreamento (*tracking*) em RA, dependem principalmente do ambiente onde o sistema estará inserido e que tipo de sistema de RA ele é [9]. O ambiente pode ser interior, exterior ou mesmo a combinação de ambos. O sistema, da mesma forma, pode ser móvel ou estático. Isso interfere na reconstrução da estrutura da cena e movimentação da câmera.

Para sobrepor o problema, foram desenvolvidas ferramentas para a execução das técnicas de visão computacional. O já citado ARToolKit é uma biblioteca de visão computacional que permite a criação de aplicações de RA. Outras ferramentas e bibliotecas de desenvolvimento serão discutidas nas próximas seções.

Além do rastreamento visual clássico, existe o rastreamento por GPS e acelerômetro e o *Human Vision System* (HVS), que é um tipo de rastreamento visual baseado em como

o cérebro humano reconhece objetos e pessoas. A detecção e reconhecimento de objetos com formas irregulares e diferentes texturas, cria um empecilho para a área de visão computacional, o HVS é uma proposta para contornar este problema [9].

## Markers

O *marker* é um elemento para o registro de imagens e para referenciar o objeto virtual no mundo real. O tipo mais comum de marcador é o *QR code* (*quick response code*), como o apresentado na Figura 10.

Figura 10 – QR Code



Fonte: [11]

O *QR code* é um código 2D que pode ser lido por um *QR barcode* ou um *smartphone*. A informação contida nele pode ser um *uniform resource locator* (URL), um texto ou informações gerais, como cartões de visita, vídeos, dentre outros.

O *marker* de RA é um pouco diferente do *QR code*, como pode ser visto na Figura 11. O processamento e reconhecimento deste tipo de marcador é feito através de visão computacional.

Existem também os sistemas de RA *markerless based*, onde eles se utilizam normalmente de técnicas de georreferenciamento ou reconhecimento de padrões e imagens para projetar os dados virtuais no mundo real. Um exemplo deste tipo de aplicação é o *Wikitude World Browser* (Figura 7).

Figura 11 – Marker de RA



Fonte: [3]

## 3.2 Hardware

Os dispositivos de hardware para RA podem ser classificados em *display*, onde será mostrado o ambiente virtual mesclado ao real, *input* (dispositivo de entrada), que define a interação do usuário com a aplicação, e os *tracking sensors*, que definem a visualização dos dados no *display*.

### 3.2.1 Display

Os equipamentos de *display* são principalmente os *see-through display* e o *monitor-based display*. O primeiro mostra ao usuário o mundo real já sintetizado pelo mundo virtual, ou seja, o usuário tem uma única imagem do mundo onde o ambiente real e virtual já estão integrados. Já o *monitor-based display*, permite a visualização dos ambientes real e virtual separadamente [18].

#### **Head-mounted displays**

Um *head-mounted display* (HMD) é um dispositivo de *see-through display* utilizado como um óculos ou um capacete (Figure 3, Figura 12). Ele permite a visualização em *video-see through system*, utilizado, em geral, quando é necessário um sistema de aperfeiçoamento de imagem, e *optic-see through system*, que permite a sobreposição de informações na visualização do mundo real.

Atualmente os *head-mounted displays* são classificados como *wearable displays* [11] e os óculos de RA que surgiram nos últimos anos (Figura 13) também entram nesta categoria.

Figura 12 – Um tipo de dispositivo HMD



Fonte: [8]

Figura 13 – *Google Glass*Fontes: *The Economic Times*

### ***Handheld displays***

Os *handheld displays*, são dispositivos portáteis, providos de uma câmera, que se utilizam da técnica de *video-see through* [18] [9]. São exemplos de *handheld displays* os *smartphones*, *personal digital assistant* (PDA) e *tablets* (Figura 14).

### ***Spatial displays***

Uma outra forma de exibir informações gráficas em objetos físicos ou no ambiente real, porém sem a necessidade de carregar ou vestir um equipamento é o *spatial display*, que se utiliza de projetores de vídeo (Figura 15) e hologramas, por exemplo. O *projection*

Figura 14 – RA no iPhone e iPad (*smartphone* e *tablets*, respectivamente)

Fonte: [11]

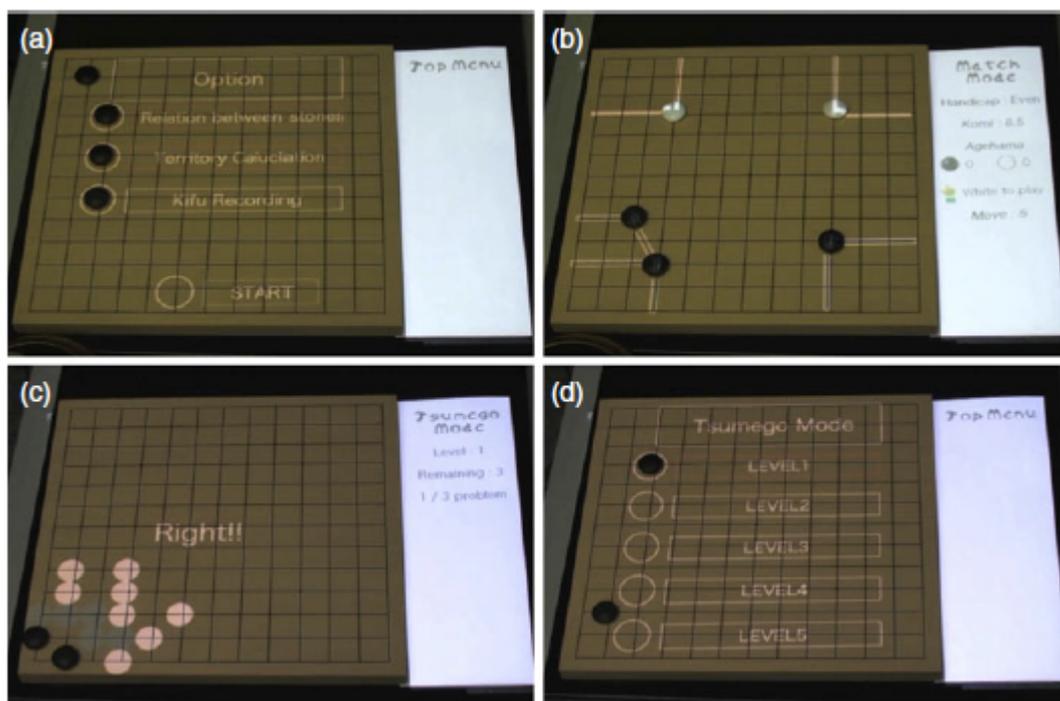
*display* é um tipo de *spatial display*, utilizado para projetar imagens em 3D no ambiente real, criando um objeto de aparência realista [18].

Além dos projetores, existem também os *video spatial displays*, que são equipamentos que possuem uma câmera para captar o marcador de RA e mostram o resultado da sobreposição virtual em uma tela ou monitor de vídeo (Figura 16). O computador e o laptop entram nessa categoria de *display*.

### 3.2.2 *Input*

Existem diversos tipos de dispositivos de *input*. Um exemplo é o *pinch gloves* (Figura 17) que são luvas para a captação de movimentos utilizados para interagir com os objetos virtuais [18]. Além disso, existe também o *wireless wristband* (Figura 18), utilizado também para a interação com objetos virtuais [9].

Não somente os *pinch gloves* podem ser utilizados como formas de interagir com o

Figura 15 – Interface de usuário no *Augmented Reality Go* através de um *projection display*

Fonte: [19]

ambiente virtual, mas também objetos e dispositivos que possam mandar sinais de posição e orientações para imagens de câmera, como por exemplo, um *smartphone*, que pode ser utilizado como um *pointing device* (dispositivo de indicação) [9].

Os dispositivos de *input* de um sistema de RA, dependem, em grande parte, da tecnologia em *display* escolhida e do tipo de aplicação que está sendo desenvolvida.

### 3.2.3 Tracking sensors

Um dispositivo de *tracking* consiste em uma câmera digital ou outros sensores ópticos, um GPS, acelerômetros, compassos digitais, sensores *wireless*, dentre outros.

As tecnologias em *tracking* foram identificadas em RA como mecânica, magnética, sensoramento, GPS, ultra-sônica, inércia e óptica [9].

## 3.3 Software

Os softwares para desenvolvimento de aplicações e sistemas de RA podem ser classificadas em *marker based* ou reconhecimento de imagem e *GPS based*, baseadas em localização geográfica [21].

Figura 16 – Quiosque *Lego Digital Box*

Fonte: [11]

Lista com alguns softwares *marker based*:

- ARToolKit;
- FLARToolKit and FLARManager;
- SLARToolkit;
- AR-media™;
- NyARToolkit;
- LinceoVR;
- HandyAR;
- Total Immersion.

Lista com alguns softwares *GPS based*:

- Layar;

Figura 17 – *Pinch gloves*

Fonte: [18]

Figura 18 – *Wireless wristband*

Fonte: [20]

- Wikitude;
- Junaio.

### 3.4 Interação em ambientes de realidade aumentada

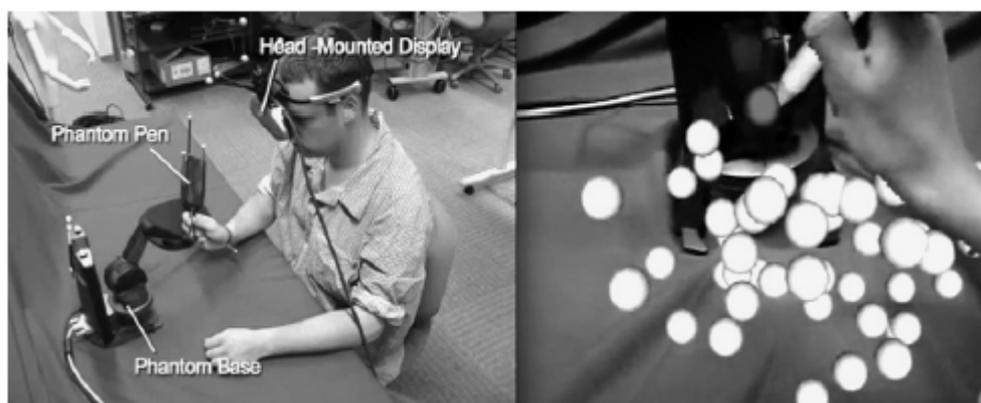
Um aspecto importante da RA é criar técnicas de interação intuitivas entre o usuário e o conteúdo digital. [9] e [11] apontam quatro tipos de interface em aplicações de RA: interface tangível, interface colaborativa, interface híbrida e interfaces multimodais.

## Interface tangível

A *tangible user interface* (TUI), ou interface tangível, é um método que suporta a interação direta com o mundo real, através de sua exploração, ou seja, a manipulação e interação com objetos e ferramentas físicas com respostas ou ações no mundo virtual [9].

Um exemplo de TUI é o *Phantom* (Figura 19), criado pela empresa *Magic Vision Lab*<sup>1</sup> [11].

Figura 19 – Interface do *Phantom*



Fonte: [11]

Uma das grandes vantagens da TUI vem do fato de que sua interação é, normalmente, intuitiva. Objetos e outros elementos podem inferir as ações relativas a eles, sem a necessidade de orientações textuais, comuns na maior parte das interfaces gráficas [9]. Por outro lado, a utilização de objetos em vez de palavras ou elementos de linguagem, pode ser ambíguo e expõe o principal problema deste tipo de interface, a da utilização dos objetos mundo real no sistema. Uma solução simples descrita em [9] é a de mostrar dicas visuais de como o usuário deve interagir com os elementos.

## Interface colaborativa

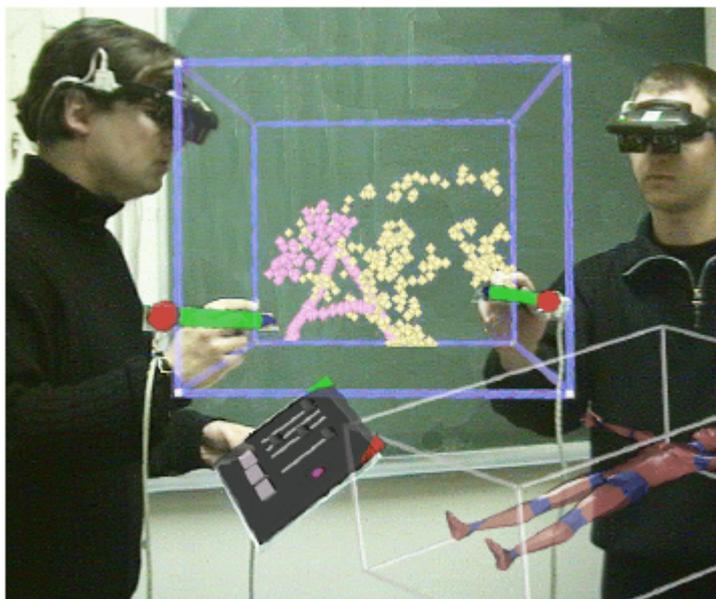
A interface colaborativa de RA se utiliza de múltiplos *displays* para possibilitar o compartilhamento e interações remotas ou co-localizadas [9] [11].

O sistema *Studierstube* (Figura 20) é um exemplo de interface colaborativa.

Billinghurst[23] aponta cinco atributos de ambientes de interface colaborativa:

- Virtualidade: objetos virtuais que não existem no mundo real podem ser vistos e examinados;

<sup>1</sup> <http://www.magicvisionlab.com/projects/vhar/>

Figura 20 – Interface do *Studierstube*

Fonte: [22]

- Aumento: objetos reais podem ser aumentados com informações visuais;
- Cooperação: vários usuários podem interagir e cooperar entre si;
- Independência: cada usuário possui um ponto de vista e é livre para realizar suas ações;
- Individualidade: os dados podem ter diferentes formas para cada espectador, de acordo com suas necessidades e interesses.

## Interface híbrida

As interfaces híbridas combinam diferentes interfaces de RA, que se complementam, e permitem o uso de uma ampla série de dispositivos de interação. Elas oferecem uma plataforma flexível para interações do dia a dia, sem grandes planejamentos, onde os dispositivos de interação e *display* são conhecidos de antemão [9] [11].

Um exemplo de interface híbrida de RA é o *ARTankwars* (Figura 21) [24]. O *ARTankwars* é um projeto que permite que um usuário trabalhe de forma privada em seu computador, compartilhe o conteúdo em uma mesa ou mostre o conteúdo em uma parede.

## Interfaces multimodais

Interfaces multimodais permitem a interação de objetos reais com formas naturais de linguagem e comportamento, como por exemplo, a fala, o tato, gestos ou o olhar [9] [11].

Figura 21 – Interface do projeto *ARTankwars* pela visão privada de um dos participantes

Fonte: [24]

Um exemplo conhecido desse tipo de interface é o MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) *sixth sense wearable gestural interface* (Figura 22) [25]. Ele permite que o usuário interaja com informações projetadas em superfícies ou outros objetos físicos, através de gestos, movimentos e o piscar dos olhos.

Figura 22 – MIT *sixth sense wearable gestural interface*



Fonte: [25]

## 4 POTENCIAL DA REALIDADE AUMENTADA PARA A EDUCAÇÃO

A característica da RA de complementar o mundo real em vez de substituí-lo, faz com que ela seja um recurso interessante para a área da educação [1]. Diversas literaturas, como Nuñez [26], Billinghamurst [2], Carmichael [27], DiSerio [10] e [1], especificam os aspectos da RA que proporcionam uma contribuição para o ensino e aprendizado.

Neste capítulo serão abordados os principais recursos que a RA oferece, que podem resultar em benefícios para a educação e quais são as vantagens desta tecnologia para a aquisição de conhecimento.

### 4.1 Recursos da realidade aumentada para a educação

A partir das definições e propriedades da RA, Billinghamurst [23], Nuñez [26] e Kesim [18] apontaram as três principais características da tecnologia que possibilitam seu uso na área de educação:

- Suporta uma interação direta entre os ambientes real e virtual;
- Permite a manipulação de objetos através da representação de uma interface tangível;
- Oferece uma transição sutil entre realidade e virtualidade.

É possível perceber que as características apresentadas estão diretamente ligadas com os aspectos de RA definidos por DiSerio [10], imersão, interação e navegação, respectivamente, já comentados na seção 2.1.

Em Carmichael [27] são definidas quatro categorias de vantagens de projeto de RA, baseadas nas propriedades de [8], *reality for free* (gratuidade do mundo real), *virtual flexibility* (flexibilidade virtual), *invisible interface* (transparência da interface) e *spatial awareness* (percepção espacial).

#### *Reality for free*

A primeira categoria de vantagens da RA se refere à primeira propriedade definida por [8]. [27] afirma que as experiências proporcionadas pela RA são mais ricas e elaboradas

por permitirem a exibição de objetos e comportamentos reais. Também separa a categoria em outros três elementos:

- Conteúdo: devido à utilização do mundo real, o ambiente de RA passa a ser mais vasto e detalhado;
- Comportamento: o comportamento do mundo real é incluso sem muito esforço, sem necessidade de simulação;
- Múltiplos sentidos: a RA não se limita a um conjunto de sentidos e permite uma experiência sensorial mais ampla.

### ***Virtual flexibility***

A *virtual flexibility* tem sua vantagem na manipulação, através de código, das informações, dados e objetos virtuais, assim como sua aparência e comportamento. Conseqüentemente, os elementos virtuais podem ser alterados e adaptados conforme a necessidade do usuário ou da aplicação. Ela também se relaciona com a primeira propriedade de Azuma [8], devido ao ambiente virtual envolvido na definição. Assim, Carmichael [27] considera duas subcategorias do *virtual flexibility*:

- Customização: possibilidade de adaptação do conteúdo virtual;
- Impossibilidade: o conteúdo virtual é capaz de mostrar uma atividade, elemento ou comportamento que seja não representável no mundo real em um tempo hábil ou que gere riscos para o observador.

### ***Invisible interface***

A RA permite a mobilidade dos usuários e a sua interface não interfere na observação do ambiente real. Esta categoria está ligada ao terceiro item apontado por [23] e por [10], onde o usuário não se importa se uma informação ou objeto é real ou virtual. Como nas categorias anteriores, o *invisible interface* também possui subcategorias:

- Movimentação natural: as ações do usuário no mundo virtual assumem a mesma forma do real;
- Enfoque único: o alinhamento dos dados virtuais com os reais, o usuário pode se concentrar em um único local, ou seja, não tem a necessidade de desviar seu foco da atividade.

## ***Spatial awareness***

Por fim, o *spatial awareness* representa a conexão lógica entre o real e o virtual em qualquer escala. Os elementos considerados nesta categoria são:

- Adaptação ao ambiente: o conteúdo virtual reconhece as alterações do ambiente ao redor do usuário e atualiza seu estado;
- Alinhamento espacial: se refere à relação visual entre um objeto real e seu dado virtual correspondente. Os dados ou objetos devem estar alinhados para que a associação entre eles seja evidente.

## **4.2 Vantagens da realidade aumentada no aprendizado**

Cada propriedade de RA definida por DiSerio [10], contribui para algum aspecto do aprendizado. A imersão e a navegação, por exemplo, promovem o envolvimento do aluno na atividade de aprendizagem. Já a interação em ambientes de RA, pode ter três variações que são relevantes à educação, a interação entre estudante e o conteúdo, estudante e educador e os estudantes entre si. Enquanto as duas últimas interações são dependentes do ambiente e ajudam no aspecto de colaboração entre os envolvidos, o primeiro tipo de interação oferece ao educando tarefas cognitivas, como a compreensão, memória e imaginação [10].

Essas vantagens são apenas o começo da contribuição da RA para a educação. Yuen [28] reúne algumas implicações da RA em ambientes de ensino e aprendizado, baseados em estudos publicados anteriormente:

- Envolve, estimula e motiva os estudantes;
- Viabiliza a execução e visualização de experiências não representáveis no mundo real e conceitos abstratos (inferência também contemplada por [2] e [1]);
- Melhora a colaboração entre estudantes e educadores ([10] e [23]);
- Promove a criatividade e imaginação;
- Ajuda na participação do aluno no processo de aprendizagem, permitindo que ele possa adaptá-lo a seu ritmo;
- Cria um ambiente de aprendizado autêntico, adequado a vários estilos de aprendizagem.

De forma análoga, Wu[1] mostra que os sistemas de RA, no geral, ajudam os estudantes a desenvolver habilidades e conhecimentos de maneira mais efetiva do que em relação a outros tipos de tecnologias de ensino, além de proporcionar o aumento do interesse e motivação do aluno no aprendizado, resultando no desenvolvimento de novas habilidades e ganho de conhecimento mais preciso sobre o tópico.

Em seu texto, ele identifica cinco aspectos que a RA para propósitos educacionais disponibiliza, conteúdos de aprendizagem em perspectiva 3D, aprendizagem ubíqua, colaborativa e situada, senso de presença, imediatismo e imersão pelo usuário, visualização do que é invisível e vínculo entre a aprendizagem formal e informal.

## **Aprendizado em 3D**

Através da utilização de objetos sintéticos em 3D, a percepção visual dos alunos, em relação a um sistema ou ambiente, é aumentada. A disponibilização do objeto em uma variedade de perspectivas pode auxiliar o entendimento do aluno sobre o assunto [1].

Além disso, este aspecto permite que um assunto de visualização inacessível seja disponibilizado para os alunos.

## **Aprendizado ubíquo, colaborativo e situado**

Este item está ligado a tecnologias portáteis, providas de dispositivos de localização e comunicação sem fio. Sistemas de RA com essas configurações, permitem o aprendizado ubíquo, colaborativo e situado através de simulação virtual, jogos, modelos e objetos mesclados ao mundo real.

Seus benefícios incluem portabilidade, interação social, sensibilidade ao contexto, conectividade e individualidade [1].

Os alunos, ao serem envolvidos pelo jogo ou simulação através da RA, podem ter um aumento em sua sensibilidade ao contexto, resultando em decisões mais orientadas em relação ao ambiente.

Além disso, a utilização de dispositivos portáteis podem oferecer uma forma para que os alunos não percam o foco de sua atividade, através de lembretes e notificações, por exemplo, e permite também que os alunos interajam entre si, seja através do dispositivo ou cara a cara.

## **Senso de presença e imersão do usuário**

Os sensores de presença, imediatismo e imersão permitem que o estudante tenha conhecimento da comunidade de educandos, tenha uma resposta em tempo real de suas atividades e tenha uma impressão de participação em uma experiência realística e clara [1].

Estes três sentidos, em particular o de imersão, estão ligados ao aprendizado situado e experiencial, onde o aluno tem a concretização de seu conhecimento através da experimentação [29].

## Visualização do invisível

A superimposição de elementos e objetos virtuais no mundo real, permite a visualização de conceitos abstratos e fenômenos ou eventos invisíveis [1] [2]. Em Ternier [29], esta característica está definida dentro de um tipo de imersão, a imersão acional, e afirma que a imersão permite que seja criado um autêntico ambiente de aprendizado.

A visualização ou contato do que é abstrato ou não observável, pode melhorar a compreensão do estudante sobre o assunto, aprimorando o processo de aprendizagem.

## Vínculo entre aprendizado formal e informal

Por fim, a RA tem o potencial para ser a vínculo entre a educação formal e informal [1].

A aplicação prática do conhecimento adquirido dentro de uma sala de aula ou de outra forma de aprendizado formal, complementa e reforça o entendimento sobre um assunto [29], como já foi exposto anteriormente.

## 4.3 Aspectos pedagógicos

A tecnologia de RA por si só, não é considerada importante para os pesquisadores nas áreas de educação [1]. Sua relevância para o aprendizado é questionável, em vista que a experiência oferecida pela RA pode não impactar em um melhor entendimento de um assunto [2].

A seção apresentará as teorias e abordagens de ensino e aprendizado que a RA suporta. Primeiramente serão expostas as teorias cognitivas que embasam as vantagens da RA no ensino por Carmichael [27] e depois serão apresentados os ambientes de aprendizagem RA referenciados por Wu [1], oferecendo, assim, uma base que justifique a utilização da tecnologia na educação.

### 4.3.1 Teorias cognitivas

As teorias cognitivas que tornam a RA relevante para a educação são, de acordo com Carmichael [27], modelos mentais, cognição situada, cognição distribuída e cognição incorporada.

## Modelos mentais

Os modelos mentais são representações do mundo que adquirimos por meio da nossa percepção e isso influi diretamente no pensamento e no comportamento humano.

Em relação ao aprendizado, os modelos mentais são um recurso que utilizamos para executarmos uma ação ou compreendermos um conceito baseado em um conhecimento prévio, adquirido pela nossa percepção.

Esta teoria cognitiva, pode ser beneficiada pelos conceitos de *reality for free* e *virtual flexibility*. O primeiro apresenta a vantagem de o usuário poder ter um contato mais significativo com a aplicação em um ambiente já conhecido. Em contrapartida, o *virtual flexibility* pode alterar a percepção do usuário em relação a uma teoria que ele já tenha em mente.

Outra consideração acerca dos modelos mentais, é a sua característica onde relações do mundo real possuem uma correspondência na formulação dos modelos mentais. Sendo assim, o conceito de *spatial awareness* ajudaria o modelo mental a produzir uma relação mais clara entre os elementos do mundo real e o *virtual flexibility* pode disponibilizar a visualização de uma relação ou objeto não visível no mundo real, aumentando assim, a compreensão do usuário sobre um dado conceito [27].

## Cognição distribuída

A cognição distribuída se refere a todo o processo de execução de uma tarefa. Isso envolve a coordenação de todos os elementos que influem nesta atividade, como por exemplo, o ambiente, as pessoas envolvidas e os artefatos utilizados.

Estes artefatos auxiliam na realização do processo de aprendizado. Eles são peças de informação externalizadas do processo de entendimento, representados por objetos físicos ou virtuais, de forma que o peso na memória do educando, ou mesmo o esforço cognitivo, sejam reduzidos.

Através do *virtual flexibility*, estes artefatos podem ser facilmente customizados de acordo com as necessidades do usuário e o *spatial awareness*, vai viabilizar o conteúdo alinhado com o ambiente fazendo com que o foco na atividade seja único, empregando o conceito de *invisible interface* [27].

## Cognição situada

A cognição situada, como o próprio nome infere, está relacionada com o ambiente onde as tarefas são realizadas, tanto no sentido do envolvimento da comunidade no processo, quanto no contexto induzido pelo mundo real.

A teoria de aprendizado situado é fundamentada no pressuposto que os estudantes

completam o processo de aprendizado através da participação ativa em um *framework* e contextos sociais com uma estrutura específica de relações sociais [29].

Isso torna necessária a criação de uma atividade autêntica de aprendizado. A presença do mundo real, atividades complexas, a possibilidade de colaboração e reflexão e a capacidade de motivar, são características de uma atividade autêntica.

O *reality for free*, *virtual flexibility* e *spatial awareness*, são os três aspectos da RA que podem suprir as necessidades da cognição situada, através do aumento do mundo real com a criação de elementos e interações que não estejam explícitos no ambiente real e a colaboração entre os usuários do sistema para a exploração do ambiente [27].

### Cognição incorporada

A última teoria cognitiva abordada por Carmichael [27] é a de cognição incorporada. A chave da teoria é que o corpo por si só, pode oferecer ou auxiliar a interação com o mundo à sua volta, para uma melhor percepção dele.

A cognição incorporada propõe que a resolução de problemas aconteça na relação entre a mente e o meio onde ele se encontra, mantida por diversos ajustes em tempo real.

O *invisible interface* e *spatial awareness*, permitem que o usuário tenha noção de localização e do contexto onde ele está envolvido, para continuar interagindo com o ambiente e aprimorar sua compreensão. Para este tipo de cognição, é desejável que uma boa interface de interação para o sistema de RA seja priorizada, já que a teoria afirma que é na interação que o aprendizado ocorre.

### 4.3.2 Ambientes de aprendizado em realidade aumentada

Existem várias abordagens para o ensino e aprendizagem que podem ser aplicados em ambientes de RA voltados para a educação. Wu [1] indica sete ambientes de aprendizado onde a tecnologia de RA pode contribuir:

- *Game-base learning*: este tipo de abordagem promove o raciocínio constante, permite o teste, gerenciamento e busca de soluções, faz com que o aluno avalie e organize informações de diversas fontes e reforça a colaboração entre os outros estudantes [6] [30];
- *Place-base learning*: através da combinação da estrutura da aplicação com o espaço físico, o *place-based learning* promove o envolvimento do aluno com o ambiente através de uma investigação científica plausível que tenha significância e reforce seus processos cognitivos [31];

- *Participatory simulation*: permite que o aluno assuma um papel em uma simulação colaborativa e se comunique com outros participantes, para a aquisição de informações e para o entendimento das relações em um sistema mais amplo [32];
- *Problem-based learning*: esta abordagem objetiva a solução de um problema prático e faz com que o aluno elabore uma forma para coletar dados a respeito do problema, reflita, analise e interprete estes dados, revise os processos de solução e, obviamente, apresente uma resposta;
- *Role playing*: funciona de modo semelhante ao *participatory simulation*. Porém, neste caso o aluno tem um papel mais específico no ambiente, fazendo com que ele tenha, além das vantagens do *participatory simulation*, um senso de responsabilidade e noção de sua função no meio [33];
- *Studio-based learning*: se baseia na teoria pedagógica onde a característica dos alunos como designers é aperfeiçoada pelo desenvolvimento conceitual do projeto e de seu processo de execução, promovendo uma reflexão sobre o projeto [34];
- *Jigsaw method*: este método, assim como o *participatory simulation* e o *role playing*, é um método de aprendizado cooperativo, onde cada estudante é parte essencial para a compreensão do todo, reforçando a sua importância no ambiente [35].

## 4.4 Impedimentos

A utilização da RA na educação possui diversos impedimentos. Ao longo do trabalho, apenas o processo de aprendizado foi questionado. Porém, os obstáculos que a RA enfrenta, vão além da aquisição efetiva de conhecimento. Existem problemas principalmente na aplicação da RA em uma sala de aula, que encadeiam questões em relação à tecnologia envolvida e ao papel do professor durante o processo de interação dos alunos com o sistema.

Os impedimentos referenciados nesta seção, se baseiam nas observações feitas por [1].

### Tecnologia envolvida

A tecnologia pode causar vários impedimentos na incorporação da RA em um ambiente de aprendizado.

Existem diversos tipos de equipamentos que podem ser envolvidos em sistemas de RA, como foi visto na seção 3.2. Os HMD, por exemplo, em sua grande maioria dependem de um computador para seu funcionamento. Logo, a portabilidade do equipamento é limitada e o valor associado ao sistema acaba sendo muito grande.

Nos últimos anos, com o aparecimento e popularização dos dispositivos portáteis, o problema pôde ser contornado. Porém, isso não diminuiu a necessidade da integração de diversas tecnologias para seu funcionamento e a falta de planejamento do design do projeto, prejudica as ações e interpretações dos estudantes sobre o sistema, diminuindo sua usabilidade.

Ainda em relação à portabilidade, existe o problema da dependência do sistema a uma localidade. Ao mesmo tempo que a localização cria um contexto melhor para o aprendizado, o estudante é obrigado a comparecer ao local para que ele tenha um conteúdo disponível, ocasionando em um custo para o deslocamento.

## **Impedimento pedagógico**

A RA é uma tecnologia que oferece independência para o aluno. Logo, o seu uso dentro de sala de aula causa uma certa resistência por parte dos educadores, pois as abordagens dos ambientes de RA, no geral, fogem do tradicional ensino focado na transferência de conhecimento do professor para o aluno. Além disso, existe o limitador de tempo, mesmo que haja a aceitação do educador pela tecnologia, o tempo para a apresentação de uma quantidade de conteúdo é restrito.

Assim como já foi observado, o design do projeto também faz diferença no aspecto pedagógico. O planejamento do sistema deve ser bem executado, para que o fluxo de informação entre os ambientes reais e virtuais possam ofertar de fato uma melhoria na aquisição do conhecimento. A inflexibilidade de execução e retomada de atividades dentro dos sistemas de RA também devem ser considerados na etapa de planejamento.

## **Processo de aprendizado**

O processo de aprendizado dos alunos pode ser reduzido com a tecnologia. A falta de contato dos estudantes com as tecnologias envolvidas nestes sistemas, fazem com que os alunos recebam uma carga excessiva de informações, atrapalhando no processo de aprendizado, pois eles devem se focar nas tarefas que o sistema propõe e manter a atenção sobre como utilizar as ferramentas ou dispositivos necessários para completá-la.

Os alunos podem, também, sofrer dificuldades com sistemas que exigem a execução de diversas atividades complexas, como por exemplo, a navegação, colaboração, noção espacial e resolução de problemas. A sobrecarga de funções pode tirar o foco do que realmente interessa para o educando, que é a absorção efetiva do conhecimento.

Outro aspecto que impede o processo de aprendizado é que o estudante pode perder a noção de distinção entre o real e o virtual. Por mais que esta característica seja considerada um bom resultado do projeto de RA, isso nem sempre acarreta na melhora do aprendizado por parte do aluno e oferece riscos para sua segurança física.

## 5 SIGNIFICÂNCIA DA REALIDADE AUMENTADA NO APRENDIZADO

A partir de todo o levantamento realizado nas duas seções anteriores sobre a RA e sua aplicação na educação, foi possível identificar as características positivas do emprego da tecnologia no aprendizado, embasadas em algumas teorias cognitivas e educacionais. Também foi possível visualizar os pontos de concordância e discordância entre os autores das bibliografias consultadas.

Da mesma forma que o estudo expôs diversos aspectos positivos da tecnologia, foram apontados os impedimentos para a utilização efetiva da RA na educação.

Neste capítulo é apresentada uma análise da pesquisa e, com base na conclusão obtida, é mostrada a lista com boas práticas e considerações para o desenvolvimento de sistemas de RA aplicadas na educação.

### 5.1 Considerações do estudo

A primeira consideração do estudo, se refere ao aspecto tecnológico da RA, ou seja, os *affordances* desse tipo de sistema para a educação.

Por mais que os autores utilizem abordagens diferentes para ilustrar as características significativas da RA no ensino e aprendizado, de um modo geral, todos podem ser reduzidos às três propriedades da RA definidas por Ronald Azuma [8]:

- Combinação de objetos reais e virtuais em um ambiente real: esta propriedade envolve todos os benefícios relativos à demonstração virtual de objetos e seus comportamentos, sejam eles 3D ou não, e à apresentação desses elementos virtuais no mundo real;
- Execução em tempo real com interatividade: como o próprio nome sugere, a propriedade engloba todos os tipos de interações possíveis em ambientes de RA, sejam elas entre o usuário e o ambiente virtual ou de vários usuários entre si;
- Alinhamento dos objetos reais e virtuais: se refere principalmente à imersão do sistema. É onde a combinação do real com o virtual passa a ter um significado para o usuário, gera a sensação de envolvimento com o ambiente e permite que ele investigue o ambiente sem desviar o seu foco.

Isso demonstra a abrangência dos conceitos de cada propriedade e verifica a validade e flexibilidade da definição de RA proposta.

A segunda consideração, se refere às teorias cognitivas utilizadas como base para a validade da RA como uma ferramenta de reforço ao aprendizado.

As quatro teorias apresentadas tem um foco principal para a aprendizagem e estão presentes em mais de uma propriedade de RA. A tabela seção 5.1 mostra as teorias cognitivas que as propriedades de Azuma [8] são capazes de englobar:

Tabela 1 – Relação entre as três propriedades de Azuma e as teorias cognitivas apresentadas

	Propriedade 1	Propriedade 2	Propriedade 3
Modelos mentais	X		
Cognição distribuída	X	X	X
Cognição situada	X		X
Cognição incorporada		X	X

Com a validação das propriedades da RA e os ambientes de aprendizado que ela pode abranger, é possível concluir que a RA é capaz de suportar um ambiente de aprendizado complexo e bem fundamentado através das teorias de aprendizado.

Quanto aos impedimentos apontados no estudo, uma solução generalizada é o bom planejamento do sistema. Devido à multidisciplinariedade da aplicação da RA em outras áreas de estudo, o acompanhamento das definições do sistema por um pedagogo é uma decisão importante para que a ferramenta tenha de fato um significado para o aprendizado, conclusão também apontada por Kesim [18].

Por exemplo, a definição do tipo de ambiente onde a RA vai ser aplicada, sala de aula ou um ambiente externo, pode definir o tipo de dispositivo nos quais os educandos terão acesso à visualização dos objetos virtuais. As definições de usabilidade do sistema, o papel da realidade na visualização, a necessidade da representação visual do conceito ou fenômeno são pontos a serem analisados para a construção de um sistema relevante e autêntico.

Um dos principais motivos da falta de sucesso da aplicação da RA na educação ocorre pela falta de autenticidade na utilização de suas propriedades como uma vantagem sobre outros tipos de tecnologias educacionais. Por exemplo, mesmo que a visualização espacial de um objeto possa ser uma vantagem para alunos que tenham baixa percepção em 3D, a utilização da RA para este tipo de representação é questionável, já que existem ferramentas de visualização de modelos 3D para um computador pessoal, sem a necessidade do registro em tempo real e nem de execução alinhada à realidade.

Uma ferramenta pode ter significado quanto à visualização de um conceito que não é facilmente representável no mundo real, permitir a interação com o objeto de forma simplificada e possuir um conteúdo customizável de acordo com a necessidade do educador ou aluno.

Porém, o problema não exige necessariamente um ambiente de RA. Sua representação alinhada a um ambiente real é desnecessária e descaracteriza o ambiente autêntico que é desejável para uma aplicação de RA. Como já foi discutida, a representação deste tipo de visualização pode ser feita através de uma aplicação de computador ou um dispositivo capaz de renderizar gráficos sem a necessidade do rastreamento em tempo real de um marcador.

Esta falta de relação entre a tecnologia de RA e o assunto abordado pelo ensino é uma possível falha para a aceitação da RA como um objeto significativo de educação. Portanto, é reforçada a necessidade do acompanhamento de um “*instructional designer*”, profissional especializado na aplicação de tecnologia em projetos de educação, e um pedagogo para definirem o real valor da RA para o aprendizado.

Mesmo alguns autores de sistemas e RA questionam a validade de suas ferramentas no aprendizado, como Kaufmann [36] [37] e Behzadan [38]

Essas necessidades de avaliação são ressaltados nos trabalhos de Kaufmann [37], Behzadan [38], Kesim [18], Carmichael [27], Billinghamurst [2] e Wu [1].

Além dessas considerações, é importante observar também, que a RA não deve substituir o aprendizado formal. Ela deve servir apenas de ponte entre o aprendizado formal e o informal.

Por fim, é possível perceber que os estudos se direcionam para tecnologias móveis de fácil acesso como aplicativos para smartphones. Existem diversos aplicativos para dispositivos móveis com sistemas Android e iOS que oferecem a execução de um sistema de RA [39], e há, também, uma grande tendência de sua utilização em jogos de RA educativos, assunto abordado por Kirkley [40], Squire [31], Klopfer [6] [30] e Yamabe [19].

## 5.2 Boas práticas em sistemas de realidade aumentada

A partir das considerações do estudo sobre a RA na educação existem uma série de fatos que devem ser considerados na concepção de sistemas de RA para o aprendizado.

### 5.2.1 Autenticidade da realidade aumentada

É relativo ao contexto em que a tecnologia será empregada, sua análise é importante para avaliar a necessidade da RA para o ambiente, para uma melhor aceitação da tecnologia e eliminação de possíveis impedimentos causados por sistemas de RA:

- O valor da visualização dos conceitos ou fenômenos, o nível de abstração do conteúdo;

- A necessidade da percepção da realidade, o alinhamento do virtual e o real;
- Os tipos de interação com o virtual e o real;
- Tecnologias dispostas para o ambiente.

### 5.2.2 Pré-requisitos

É importante que os itens sejam cumpridos para um aprendizado mais significativo:

- A teoria já seja um modelo mental para o aluno;
- As ferramentas sejam de conhecimento do aluno, sem a necessidade de aprender a usá-las. Se as ferramentas não forem de conhecimento do aluno, as ações relativas a ele devem ser lógicas;
- O papel do aluno deve ser bem definido, para que ele não se desfoque de seus objetivos.

### 5.2.3 Decisões de projeto

É altamente recomendável que durante as decisões do projeto sejam considerados:

- Definição do ambiente de aprendizado;
- O papel do professor no processo;
- O acompanhamento de um educador ou pedagogo;
- A presença de um “*instructional designer*” (no mínimo no início do projeto);
- Limite de quantidade de tarefas para o aluno, para que a sobrecarga de tarefas não o afetem negativamente.

## 6 CONCLUSÃO

Este trabalho discutiu a RA como uma ferramenta de auxílio no aprendizado e ensino. Foram mostrados os conceitos de RA e as tecnologias atualmente disponibilizadas para a implementação de sistemas de RA [9] [8].

Foram apresentadas, também, as teorias pedagógicas que embasam a utilização da RA na educação [27], os ambientes de ensino em que a RA pode ser empregada e os impedimentos do uso dessa tecnologia na área [1].

A partir do estudo, foi possível realizar uma análise do atual estado da RA na educação. Pôde-se concluir que a RA é uma ferramenta capaz de suportar diversos tipos de ambientes de aprendizado e ensino em diferentes níveis de complexidade. Sendo assim, a RA oferece um ambiente de ensino superior em relação a outros tipos de tecnologia [2].

Porém, foram analisados que ainda existem diversos impedimentos para seu emprego efetivo no ensino, não somente em relação à tecnologia, mas em relação também à aceitação da ferramenta por parte, tanto dos alunos, quanto dos professores e da real significância da tecnologia no ensino e aprendizado.

Com o objetivo de solucionar os problemas de sistemas de RA aplicadas à educação, foi formulada a lista de boas práticas para o auxílio na avaliação e desenvolvimento de projetos de RA.

Um trabalho futuro que pode ser extraído da conclusão deste trabalho é a aplicação da lista em um ambiente real de ensino. Durante a concepção do sistema a lista pode ser utilizada de forma a aprimorar o resultado final do estudo.

A própria lista é sujeita a erros, logo, uma avaliação da validade dos itens apontados por ela também é passível de análise. Além disso, é possível que hajam outros itens que não foram abordados neste trabalho.

## REFERÊNCIAS

- 1 WU, H.-K. et al. Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computers & Education*, Elsevier Ltd, v. 62, p. 41–49, mar. 2013. ISSN 03601315.
- 2 BILLINGHURST, M.; DUENSER, A. Augmented reality in the classroom. *Computer*, v. 45, n. 7, p. 56–63, jul. 2012. ISSN 0018-9162.
- 3 SAYED, N. A. M. E.; ZAYED, H. H.; SHARAWY, M. I. Arsc: Augmented reality student card. *Computers & Education*, v. 56, n. 4, p. 1045–1061, maio 2011. ISSN 03601315.
- 4 CUENDET, S. et al. Designing augmented reality for the classroom. *Computers & Education*, v. 68, p. 557–569, out. 2013. ISSN 03601315.
- 5 MILGRAM, P. et al. Augmented reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. *Telemanipulator and Telepresence Technologies*, v. 2351, p. 282–292, 1995.
- 6 KLOPFER, E. *Augmented learning: Research and design of mobile educational games*. [S.l.]: The MIT Press, 2008.
- 7 INITIATIVE, E. L. 7 things you should know about augmented reality. *EDUCAUSE Learning Initiative*, Available: <http://www.educause.edu/ELI/7ThingsYouShouldKnowAboutAugmell>, 2005.
- 8 AZUMA, R. et al. Recent advances in augmented reality. *Computer Graphics and Applications, IEEE*, v. 21, n. 6, p. 34–47, 2001.
- 9 FURHT, B. (Ed.). *Handbook of Augmented Reality*. New York, NY: Springer New York, 2011. ISBN 978-1-4614-0064-6.
- 10 SERIO, n. D.; IBÁÑEZ, M. B.; KLOOS, C. D. Impact of an augmented reality system on students' motivation for a visual art course. *Computers & Education*, v. 68, p. 586–596, out. 2013. ISSN 03601315.
- 11 KIPPER, G.; RAMPOLLA, J. *Augmented Reality: An Emerging Technologies Guide to AR*. [S.l.]: Elsevier Science, 2012. ISBN 9781597497336.
- 12 SUNG, D. *The history of augmented reality*. 2011. Disponível em: <<http://www.pocket-lint.com/news/108888-the-history-of-augmented-reality>>.
- 13 FEINER BLAIR MACINTYRE, D. S. S. *Knowledge-based Augmented Reality for Maintenance Assistance*. Disponível em: <<http://graphics.cs.columbia.edu/projects/karma/karma.html>>.
- 14 REKIMOTO, J. *Augmented Interaction: The World Through the Computer*. Disponível em: <<http://www.sonyosl.co.jp/person/rekimoto/navi.html>>.
- 15 AZUMA, R. T. A survey of augmented reality. *Presence*, v. 6, n. 4, p. 355–385, 1997.

- 16 LAMB, P. *ARToolKit - Projects*. Disponível em: <<http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/projects/>>.
- 17 MEDIA, Z. *Quake Live*. 2013. Disponível em: <<http://www.quakelive.com>>.
- 18 KESIM, M.; OZARSLAN, Y. Augmented reality in education: Current technologies and the potential for education. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, v. 47, n. 222, p. 297–302, jan. 2012. ISSN 18770428.
- 19 YAMABE, T.; NAKAJIMA, T. Playful training with augmented reality games: case studies towards reality-oriented system design. *Multimedia Tools and Applications*, v. 62, n. 1, p. 259–286, 2012. ISSN 1380-7501.
- 20 FELDMAN, A. et al. Reachmedia: On-the-move interaction with everyday objects. In: *Ninth IEEE International Symposium on Wearable Computers (ISWC'05)*. [S.l.]: IEEE, 2005. p. 52–59. ISBN 0-7695-2419-2.
- 21 AGARWAL, Y. *Tools for Developing Augmented Reality Applications*. 2010. Disponível em: <<http://www.upsidelearning.com/blog/index.php/2010/04/30/tools-for-developing-augmented-reality-applications/>>.
- 22 SCHMALSTIEG, D.; FUHRMANN, A.; HESINA, G. Bridging multiple user interface dimensions with augmented reality. In: *Proceedings IEEE and ACM International Symposium on Augmented Reality (ISAR 2000)*. [S.l.]: IEEE, 2000. p. 20–29. ISBN 0-7695-0846-4.
- 23 BILLINGHURST, M.; KATO, H. Collaborative augmented reality. *Communications of the ACM*, v. 45, n. 7, jul. 2002. ISSN 00010782.
- 24 CLARK, A. *Hybrid AR User Interfaces in Collaborative Gaming*. [S.l.], 2004.
- 25 MISTRY, P. *SixthSense*. 2010. Disponível em: <<http://www.pranavmistry.com/projects/sixthsense/>>.
- 26 NÚÑEZ, M. et al. Collaborative augmented reality for inorganic chemistry education. In: *Proceedings of the 5th WSEAS/IASME international conference on Engineering education*. [S.l.]: World Scientific and Engineering Academy and Society (WSEAS), 2008. p. 271–277. ISBN 9789606766862.
- 27 CARMICHAEL, G.; BIDDLE, R.; MOULD, D. Understanding the power of augmented reality for learning. In: *Proceedings of World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education 2012*. [S.l.]: AACE, 2012. p. 1761–1771.
- 28 YUEN, S.; YAOYUNYONG, G.; JOHNSON, E. Augmented reality: An overview and five directions for ar in education. *Journal of Educational . . .*, v. 4, p. 119–140, 2011.
- 29 TERNIER, S. et al. Arlearn: Augmented reality meets augmented virtuality. *Journal of Universal Computer Science*, v. 18, n. 15, p. 2143–2164, 2012.
- 30 KLOPFER, E.; SHELDON, J. Augmenting your own reality: student authoring of science-based augmented reality games. *New directions for youth development*, v. 2010, n. 128, p. 85–94, jan. 2010. ISSN 1537-5781.

- 31 SQUIRE, K. D.; JAN, M. Mad city mystery: Developing scientific argumentation skills with a place-based augmented reality game on handheld computers. *Journal of Science Education and Technology*, v. 16, n. 1, p. 5–29, 2007. ISSN 1059-0145.
- 32 KLOPFER, E.; SQUIRE, K. Environmental detectives—the development of an augmented reality platform for environmental simulations. *Educational Technology Research and Development*, v. 56, n. 2, p. 203–228, abr. 2007. ISSN 1042-1629.
- 33 ROSENBAUM, E.; KLOPFER, E.; PERRY, J. On location learning: Authentic applied science with networked augmented realities. *Journal of Science Education and Technology*, v. 16, n. 1, p. 31–45, 2006. ISSN 1059-0145.
- 34 MATHEWS, J. M. Using a studio-based pedagogy to engage students in the design of mobile-based media. *English Teaching: Practice and Critique*, v. 9, n. 1, 2010.
- 35 ARONSON, E. *Jigsaw Classroom*. 2013. Disponível em: <<http://www.jigsaw.org/>>.
- 36 KAUFMANN, H. Collaborative augmented reality in education. *Institute of Software Technology and Interactive Systems, Vienna University of Technology*, 2003.
- 37 KAUFMANN, H.; SCHMALSTIEG, D. Mathematics and geometry education with collaborative augmented reality. *Computers & Graphics*, v. 27, n. 3, p. 339–345, jun. 2003. ISSN 00978493.
- 38 BEHZADAN, A. H.; IQBAL, A.; KAMAT, V. R. A collaborative augmented reality based modeling environment for construction engineering and management education. In: *Proceedings of the 2011 Winter Simulation Conference (WSC)*. [S.l.]: IEEE, 2011. p. 3568–3576. ISBN 978-1-4577-2109-0.
- 39 BEYERLE, C. *Augmented Reality for Education*. 2013. Disponível em: <<https://edshelf.com/profile/cbeyerle/augmented-reality-for-education>>.
- 40 KIRKLEY, S. E.; KIRKLEY, J. R. Creating next generation blended learning environments using mixed reality, video games and simulations. *TechTrends*, v. 49, n. 3, p. 42–53, maio 2004. ISSN 8756-3894.